

# ILMU PENGETAHUAN ALAM 2

*Edisi Pertama*



## **Tim Penulis:**

Lina Listiana - IAIN Sunan Ampel Surabaya

Tatik Indayati - IAIN Sunan Ampel Surabaya

Atikah - Universitas Islam Malang

Suhriman - IAIN Mataram

Muh. Safei - UIN Alauddin Makassar

Athok Fu'adi - STAIN Ponorogo

Sriana Indarwati - Universitas Muhammadiyah Ponorogo

---

---

# Ilmu Pengetahuan Alam 2

Edisi Pertama

Tim Penulis:

Atikah	- Universitas Islam Malang
Athok Fu'adi	- STAIN Ponorogo
Lina Listiana	- IAIN Sunan Ampel Surabaya
Muh. Safei	- UIN Alauddin Makassar
Sriana Indrawati	- UNMUH Ponorogo
Suhirman	- IAIN Mataram
Tatik Indayati	- IAIN Sunan Ampel Surabaya

Learning Assistance Program for Islamic Schools  
Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah  
2009

---

---

# Ilmu Pengetahuan Alam 2



Buku ini diterbitkan dalam rangka pengadaan bahan perkuliahan untuk Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah yang diselenggarakan oleh Konsorsium Perguruan Tinggi Islam bekerja sama dengan *Learning Assistance Program for Islamic Schools*, LAPIS, Direktorat Pendidikan Tinggi Islam, Direktorat Jenderal Pendidikan Islam, Departemen Agama Republik Indonesia

Hak cipta, 2009 LAPIS-PGMI

---

Perpustakaan Nasional :  
Katalog dalam Terbitan

---

Atikah  
Athok Fu'adi  
Lina Listiana  
Muh. Safei  
Sriana Indrawati  
Suhirman  
Tatik Indayati  
IPA 2. — Surabaya: LAPIS-PGMI, 2009.  
20a, 575 hal., 21 x 29.7cm

ISBN : 978-602-8542-06-7

---

Penerbit : Amanah Pustaka  
Surabaya



---

## Daftar isi

---

hal

- 10a Kata pengantar
- 14a Prakata
- 19a Peta kompetensi

### **Paket 1 Besaran dan Satuan**

- 1-1 Pendahuluan
- 1-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 1-5 Lembar Kegiatan 1.1
- 1-8 Lembar Uraian Materi 1.2
- 1-18 Lembar *PowerPoint* 1,3
- 1-22 Lembar Penilaian 1.4
- 1-23 Daftar Pustaka

### **Paket 2 Pengukuran**

- 2-1 Pendahuluan
- 2-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 2-5 Lembar Kegiatan 2.1
- 2-11 Lembar Uraian Materi 2.2
- 2-18 Lembar *PowerPoint* 2.3
- 2-20 Lembar Penilaian 2.4
- 2-22 Daftar Pustaka

### **Paket 3 Gerak Lurus Beraturan**

- 3-1 Pendahuluan
- 3-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 3-5 Lembar Kegiatan 3.1
- 3-7 Lembar Uraian Materi 3.2
- 3-14 Lembar *PowerPoint* 3.3
- 3-17 Lembar Penilaian 3.4
- 3-18 Daftar Pustaka

### **Paket 4 Gerak Lurus Berubah Beraturan**

- 4-1 Pendahuluan
- 4-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 4-5 Lembar Kegiatan 4.1
- 4-7 Lembar Uraian Materi 4.2
- 4-12 Lembar *PowerPoint* 4.3
- 4-15 Lembar Penilaian 4.4
- 4-16 Daftar Pustaka

**Paket 5 Hukum-Hukum Newton tentang Gerak**

- 1-1 Pendahuluan
- 5-3 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 5-5 Lembar Kegiatan 5.1
- 5-7 Lembar Uraian Materi 5.2
- 5-14 Lembar *PowerPoint* 5.3
- 5-17 Lembar Penilaian 5.4
- 5-18 Daftar Pustaka

**Paket 6 Penerapan Hukum-Hukum Newton tentang Gerak**

- 6-1 Pendahuluan
- 6-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 6-5 Lembar Kegiatan 6.1
- 6-6 Lembar Uraian Materi 6.2
- 6-12 Lembar *PowerPoint* 6.3
- 6-15 Lembar Penilaian 6.4
- 6-16 Daftar Pustaka

**Paket 7 Energi**

- 7-1 Pendahuluan
- 7-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 7-5 Lembar Kegiatan 7.1
- 7-7 Lembar Uraian Materi 7.2
- 7-14 Lembar *PowerPoint* 7.3
- 7-18 Lembar Penilaian 7.4
- 7-19 Daftar Pustaka

**Paket 8 Usaha**

- 8-1 Pendahuluan
- 8-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 8-5 Lembar Kegiatan 8.1
- 8-7 Lembar Uraian Materi 8.2
- 8-12 Lembar *Powerpoint* 8.3
- 8-15 Lembar Penilaian 8.4
- 8-17 Daftar Pustaka

**Paket 9 Pesawat Sederhana**

- 9-1 Pendahuluan
- 9-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 9-5 Lembar Kegiatan 9.1
- 9-6 Lembar Uraian Materi 9.2
- 9-15 Lembar *PowerPoint* 9.3
- 9-19 Lembar Penilaian 9.4
- 9-20 Daftar Pustaka

**Paket 10 Impuls dan Momentum**

- 10-1 Pendahuluan
- 10-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 10-5 Lembar Kegiatan 10.1
- 10-6 Lembar Uraian Materi 10.2
- 10-12 Lembar *PowerPoint* 10.3
- 10-16 Lembar Penilaian 10.4
- 10-17 Daftar Pustaka

**Paket 11 Sifat-Sifat Zat**

- 11-1 Pendahuluan
- 11-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 11-5 Lembar Kegiatan 11.1
- 11-7 Lembar Uraian Materi 11.2
- 11-24 Lembar *PowerPoint* 11.3
- 11-28 Lembar Penilaian 11.4
- 11-29 Daftar Pustaka

**Paket 12 Suhu**

- 12-1 Pendahuluan
- 12-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 12-5 Lembar Kegiatan 12.1
- 12-7 Lembar Uraian Materi 12.2
- 12-16 Lembar *PowerPoint* 12.3
- 12-20 Lembar Penilaian 12.4
- 12-22 Daftar Pustaka

**Paket 13 Kalor**

- 13-1 Pendahuluan
- 13-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 13-5 Lembar Kegiatan 13.1
- 13-6 Lembar Uraian Materi 13.2
- 13-13 Lembar *PowerPoint* 13.3
- 13-17 Lembar Penilaian 13.4
- 13-18 Daftar Pustaka

**Paket 14 Perubahan Wujud Zat**

- 14-1 Pendahuluan
- 14-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 14-5 Lembar Kegiatan 14.1
- 14-6 Lembar Uraian Materi 14.2
- 14-11 Lembar *PowerPoint* 14.3
- 14-15 Lembar Penilaian 14.4
- 14-16 Daftar Pustaka



**Paket 15 Gelombang**

- 15-1 Pendahuluan
- 15-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 15-5 Lembar Kegiatan 15.1
- 15-6 Lembar Uraian Materi 15.2
- 15-15 Lembar *PowerPoint* 15.3
- 15-18 Lembar Penilaian 15.3
- 15-20 Daftar Pustaka

**Paket 16 Bunyi**

- 16-1 Pendahuluan
- 16-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 16-5 Lembar Kegiatan 16.1
- 16-7 Lembar Uraian Materi 16.2
- 16-22 Lembar *PowerPoint* 16.3
- 16-26 Lembar Penilaian 16.4
- 16-27 Daftar Pustaka

**Paket 17 Cahaya dan Pemantulannya**

- 17-1 Pendahuluan
- 17-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 17-5 Lembar Kegiatan 17.1
- 17-7 Lembar Uraian Materi 17.2
- 17-19 Lembar *PowerPoint* 17.3
- 17-23 Lembar Penilaian 17.4
- 17-24 Daftar Pustaka

**Paket 18 Pembiasan Cahaya**

- 18-1 Pendahuluan
- 18-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 18-4 Lembar Kegiatan 18.1
- 18-6 Lembar Uraian Materi 18.2
- 18-20 Lembar *PowerPoint* 18.3
- 18-23 Lembar Penilaian 18.4
- 18-24 Daftar Pustaka

**Paket 19 Interferensi, Difraksi, dan Polarisasi**

- 19-1 Pendahuluan
- 19-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 19-5 Lembar Kegiatan 19.1
- 19-6 Lembar Uraian Materi 19.2
- 19-14 Lembar *PowerPoint* 19.3
- 19-18 Lembar Penilaian 19.4
- 19-19 Daftar Pustaka

**Paket 20 Alat Optik**

- 20-1 Pendahuluan
- 20-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 20-5 Lembar Kegiatan 20.1
- 20-9 Lembar Uraian Materi 20.2
- 20-17 Lembar *PowerPoint* 20.3
- 20-21 Lembar Penilaian 20.4
- 20-23 Daftar Pustaka

**Paket 21 Aberasi**

- 21-1 Pendahuluan
- 21-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 21-5 Lembar Kegiatan 21.1
- 21-6 Lembar Uraian Materi 21.2
- 21-12 Lembar *PowerPoint* 21.32
- 21-15 Lembar Penilaian 21.4
- 21-16 Daftar Pustaka

**Paket 22 Listrik Statis**

- 22-1 Pendahuluan
- 22-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 22-5 Lembar Kegiatan 22.1
- 22-9 Lembar Uraian Materi 22.2
- 22-23 Lembar *PowerPoint* 22.3
- 22-27 Lembar Penilaian 22.4
- 22-28 Daftar Pustaka

**Paket 23 Rangkaian Arus Searah**

- 23-1 Pendahuluan
- 23-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 23-5 Lembar Kegiatan 23.1
- 23-6 Lembar Uraian Materi 23.2
- 23-13 Lembar *PowerPoint* 23.3
- 23-17 Lembar Penilaian 23.4
- 23-18 Daftar Pustaka

**Paket 24 Magnet**

- 24-1 Pendahuluan
- 24-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 24-5 Lembar Kegiatan 24.1
- 24-6 Lembar Uraian Materi 24.2
- 24-14 Lembar *PowerPoint* 24.3
- 24-17 Lembar Penilaian 24.4
- 24-18 Daftar Pustaka

**Paket 25 Medan Magnet**

- 25-1 Pendahuluan
- 25-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 25-5 Lembar Kegiatan 25.1
- 25-7 Lembar Uraian Materi 25.2
- 25-15 Lembar *PowerPoint* 25.3
- 25-18 Lembar Penilaian 25.4
- 25-19 Daftar Pustaka

**Paket 26 Alam Semesta**

- 26-1 Pendahuluan
- 26-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 26-5 Lembar Kegiatan 26.1
- 26-6 Lembar Uraian Materi 26.2
- 26-13 Lembar *PowerPoint* 26.3
- 26-15 Lembar Penilaian 26.4
- 26-16 Daftar Pustaka

**Paket 27 Tata Surya**

- 27-1 Pendahuluan
- 27-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 27-5 Lembar Kegiatan 27.1
- 27-8 Lembar Uraian Materi 27.2
- 27-27 Lembar *PowerPoint* 27.3
- 27-31 Lembar Penilaian 27.4
- 27-32 Daftar Pustaka

**Paket 28 Lapisan Bumi, Batuan, dan Mineral**

- 28-1 Pendahuluan
- 28-2 Rencana Pelaksanaan Perkuliahan
- 28-5 Lembar Kegiatan 28.1
- 28-8 Lembar Uraian Materi 28.2
- 28-16 Lembar *PowerPoint* 28.3
- 28-19 Lembar Penilaian 28.4
- 28-20 Daftar Pustaka



## **KATA PENGANTAR DIREKTUR JENDERAL PENDIDIKAN ISLAM DEPARTEMEN AGAMA RI**

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga Konsorsium PGMI yang terdiri dari 7 (tujuh) Perguruan Tinggi Agama Islam (PTAI) yaitu IAIN Sunan Ampel, IAIN Mataram, Universitas Islam Malang, STAIN Ponorogo, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, UIN Alauddin Makassar dan Universitas Muslim Indonesia Makassar telah berhasil menyusun 25 judul paket bahan perkuliahan untuk menunjang perkuliahan pada Program Studi S1 PGMI.

Kami menyambut baik penerbitan paket bahan perkuliahan ini, karena isinya tidak hanya mengandung komponen materi kajian keilmuan untuk calon guru MI, akan tetapi dilengkapi dengan komponen lain yaitu Rencana Pelaksanaan Perkuliahan, Lembar Kegiatan Mahasiswa, Lembar Media Powerpoint, dan Lembar Penilaian. Adapun fungsi masing-masing sebagai berikut:

1. Rencana Pelaksanaan Perkuliahan dapat dijadikan pedoman bagi dosen pengampu matakuliah untuk melaksanakan langkah-langkah perkuliahan dengan model perkuliahan aktif;
2. Lembar Kegiatan Mahasiswa dapat dijadikan acuan oleh mahasiswa dalam melakukan aktivitas perkuliahan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan;
3. Lembar Media Powerpoint yang telah dikembangkan dapat membantu dosen dalam menyampaikan materi perkuliahan; dan
4. Lembar Penilaian dapat digunakan oleh dosen maupun mahasiswa secara mandiri untuk mengevaluasi pencapaian kompetensi yang telah ditetapkan.

Menurut hemat kami upaya untuk menjaga kualitas isi paket bahan perkuliahan pun telah dilakukan oleh tim penulis. Hal ini tercermin dalam proses penulisan paket bahan perkuliahan yang terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama bahan perkuliahan direviu oleh pendamping ahli yang memberikan input yang konstruktif dalam hal keakuratan materi. Selanjutnya,

tim penulis menguji coba bahan perkuliahan di program studi PGMI masing-masing dan memperbaiki paket bahan perkuliahan berdasarkan hasil uji coba tersebut. Langkah yang terakhir adalah meminta input dari ahli bahasa dan ahli gender - inklusi sosial untuk memastikan bahwa paket bahan perkuliahan tidak bias gender.


Kami menganjurkan agar paket bahan perkuliahan ini dapat dipakai secara fleksibel pada Program Studi S1 PGMI. Dosen pengampu mata kuliah dan mahasiswa PGMI dapat menggunakan paket-paket tersebut secara utuh dan berurutan atau menggunakan paket serta komponen tertentu sesuai dengan kebutuhan masing-masing.

Akhirnya saya sampaikan terima kasih dan penghargaan kepada LAPIS-PGMI (*Learning Assistance Program for Islamic Schools* - Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah) yang didukung oleh Pemerintah Australia yang telah memfasilitasi proses penulisan dan penerbitan semua paket bahan perkuliahan tersebut.

Semoga paket bahan perkuliahan ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak penyelenggara program studi S1 PGMI di seluruh Indonesia dalam rangka meningkatkan kualitas guru MI.

Jakarta, Desember 2008

Direktur Jenderal Pendidikan Islam,  
Prof. Dr. H. Moh. Ali, M.A



## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Pertama-tama kami panjatkan puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayahNya kepada kita semua. LAPIS-PGMI (*Learning Assistance Program for Islamic Schools - Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*) yang didukung oleh Pemerintah Australia telah membentuk Konsorsium PGMI yang terdiri dari 7 (tujuh) Perguruan Tinggi Agama Islam (PTAI), yaitu Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Sunan Ampel, Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Mataram, Universitas Islam Malang, Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri (STAIN) Ponorogo, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar dan Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar.

Hasil kongkrit Konsorsium PGMI adalah mengembangkan bahan perkuliahan program studi Strata 1 (S1) PGMI. Saat ini telah tersusun 25 buku paket bahan perkuliahan sebagai berikut:

- |                              |                                    |                             |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| ▪ Bahasa Indonesia 1         | ▪ IPS 1                            | ▪ Pembelajaran PKN MI       |
| ▪ Matematika 1               | ▪ IPS 2                            | ▪ Pembelajaran Tematik      |
| ▪ IPA 1                      | ▪ Bahasa Indonesia 2               | ▪ Pembelajaran              |
| ▪ Evaluasi Pembelajaran      | ▪ IPA 2                            | Matematika MI               |
| ▪ Perkembangan Peserta Didik | ▪ Matematika 2                     | ▪ Pembelajaran IPA MI       |
| ▪ Strategi Pembelajaran      | ▪ Perencanaan Pembelajaran         | ▪ Penelitian Tindakan Kelas |
| ▪ Dasar-dasar Pendidikan     | ▪ Matematika 3                     | ▪ Profesi Keguruan          |
| ▪ Psikologi Belajar          | ▪ Pembelajaran IPS MI              | ▪ Micro Teaching            |
| ▪ PKN                        | ▪ Pembelajaran Bahasa Indonesia MI |                             |

Dengan adanya paket bahan perkuliahan ini diharapkan dapat membantu Program Studi S1 PGMI dalam meningkatkan kualitas penyelenggaraan perkuliahan, atau setidaknya dapat dijadikan acuan dosen dan mahasiswa dalam kegiatan pembelajaran.

Buku ini disusun menggunakan pendekatan perkuliahan aktif. Sehingga perkuliahan tidak hanya tergantung kepada dosen saja, tetapi mahasiswa



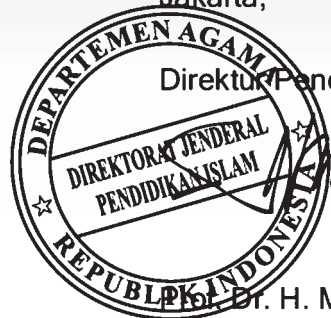
dapat mencapai kompetensi yang telah ditetapkan dengan belajar mandiri, sehingga mereka dapat menjadi guru MI yang berkualitas.

Akhirnya saya sampaikan terima kasih dan penghargaan kepada LAPIS-PGMI yang telah memfasilitasi proses penulisan dan penerbitan semua paket bahan perkuliahan tersebut.

Semoga paket-paket perkuliahan ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak yang terlibat dalam pendidikan Islam di tanah air.

Jakarta, Nopember 2008

Direktur Pendidikan Tinggi Islam,



*Machasin*

Prof. Dr. H. Machasin, M.A. ✓

## PRAKATA

### **Mengapa buku ini ditulis?**

Program studi S1 PGMI yang bertujuan mempersiapkan dan mencetak calon-calon guru Madrasah Ibtidaiyah yang handal merupakan program studi baru yang ditawarkan oleh berbagai Perguruan Tinggi Agama Islam (PTAI) di Indonesia. Oleh karena Program Studi S1 PGMI masih tergolong baru, belum ada bahan perkuliahan yang dinilai cocok untuk memenuhi kebutuhan unik mahasiswa dan mahasiswi PGMI. Buku ini disusun dengan tujuan untuk melengkapi khasanah bahan perkuliahan program studi S1 PGMI.

### **Bagaimana proses penulisan buku ini?**

Buku yang berisi bahan perkuliahan IPA 2 ini ditulis secara bersama-sama oleh para dosen anggota Konsorsium PGMI yang terdiri dari dosen IAIN Sunan Ampel Surabaya, IAIN Mataram, Unisma Malang, UMI Makassar, UIN Alauddin Makassar, STAIN Ponorogo dan Unmuh Ponorogo. Proses penulisan buku ini difasilitasi oleh LAPIS-PGMI dalam empat kali workshop penulisan. Setelah selesai ditulis, bahan perkuliahan kemudian diujicoba pada tujuh PTAI dan hasil uji coba dijadikan bahan untuk merevisi bahan perkuliahan.

### **Siapa pengguna buku ini?**

Sasaran utama pengguna buku ini adalah para dosen mata kuliah IPA 2 yang mengajar pada program S1 PGMI di berbagai PTAI di seluruh Indonesia.

### **Apa tujuan penulisan buku ini?**

Tujuan penulisan buku ini adalah untuk membantu para dosen mata kuliah IPA 2 dalam menyediakan bahan perkuliahan IPA 2 sehingga perkuliahan dapat dilakukan secara aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan. Dengan demikian, tujuan akhir perkuliahan IPA 2 adalah membekali mahasiswa dan mahasiswi S1 - PGMI agar memiliki kompetensi penguasaan konsep dasar IPA dapat dicapai.

## Apa saja isi buku ini?

Buku ini terdiri dari 28 paket tentang konsep dasar IPA. Ringkasan isi dari setiap paket disajikan di bawah ini.

- Paket 1      **Besaran dan Satuan**  
Paket ini membahas berbagai macam besaran dan satuan dalam fisika. Besaran dan satuan merupakan dasar untuk mempelajari konsep-konsep fisika.
- Paket 2      **Pengukuran**  
Paket ini membahas tentang pengertian pengukuran, teknik-teknik melakukan pengukuran, dan menuliskan hasil pengukuran.
- Paket 3      **Gerak Lurus Beraturan**  
Paket ini membahas kinematika atau gerak benda yang memiliki kelajuan konstan. Konsep kecepatan dan kelajuan serta hubungannya dengan jarak tempuh dan waktu dibahas pada paket ini
- Paket 4      **Gerak Lurus Berubah Beraturan**  
Paket ini membahas kinematika benda-benda yang memiliki percepatan konstan dan gerak jatuh bebas.
- Paket 5      **Hukum-Hukum Newton tentang Gerak**  
Pada paket ini, dibahas pengertian gaya dan Hukum Newton tentang gerak.
- Paket 6      **Penerapan Hukum Newton dalam Keseharian**  
Paket ini membahas berbagai contoh penerapan Hukum Newton untuk menyelesaikan masalah sehari-hari.
- Paket 7      **Energi**  
Paket ini membahas pengertian energi, macam-macam bentuk energi, dan berbagai perubahan bentuk energi.
- Paket 8      **Usaha**  
Paket ini membahas tentang usaha atau kerja dan hubungannya dengan energi.
- Paket 9      **Pesawat Sederhana**  
Paket ini membahas permasalahan pesawat sederhana dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.
- Paket 10      **Momentum dan Impuls**  
Paket ini membahas konsep momentum, konsep impuls dan
- Paket 11      **Sifat-Sifat Zat**  
Paket ini membahas sifat-sifat makroskopis dan mikroskopis zat padat, cair dan gas.



Paket 12	<b>Suhu</b> Paket ini membahas suhu dan berbagai aspek pengukurannya
Paket 13	<b>Kalor</b> Paket ini membahas pengertian kalor sebagai salah satu bentuk energi dan pengaruh kalor pada perubahan suhu sebuah benda.
Paket 14	<b>Perubahan Wujud Zat</b> Paket ini membahas perubahan wujud zat atau benda utamanya akibat adanya kalor yang diterima.
Paket 15	<b>Gelombang</b> Paket ini membahas getaran, gelombang, dan karakteristiknya.
Paket 16	<b>Bunyi</b> Paket ini membahas sifat-sifat bunyi sebagai sebuah gelombang, sumber bunyi dan resonansi serta Efek Doppler.
Paket 17	<b>Cahaya dan Pemantulannya</b> Paket ini membahas karakteristik cahaya yang ditekankan pada konsep pemantulan cahaya
Paket 18	<b>Pembiasan Cahaya</b> Paket ini membahas pembiasan cahaya dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.
Paket 19	<b>Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi</b> Paket ini membahas sifat cahaya yang lain, meliputi difraksi, interferensi dan polarisasi.
Paket 20	<b>Alat-Alat optik</b> Paket ini membahas berbagai macam alat optik dan cara kerjanya.
Paket 21	<b>Aberasi</b> Paket ini membahas berbagai macam cacat bayangan dan penanganannya dengan menggunakan prinsip kerja lensa.
Paket 22	<b>Listrik statis</b> Paket ini membahas konsep kelistrikan statis meliputi gaya listrik, medan listrik, dan potensial listrik.
Paket 23	<b>Rangkaian arus searah</b> Paket ini membahas arus searah dan rangkaian pembentuknya.
Paket 24	<b>Magnet</b> Paket ini membahas berbagai macam magnet, sifat-sifatnya dan cara pembuatan serta penyimpanannya.
Paket 25	<b>Medan Magnet</b> Paket ini membahas medan magnet dan berbagai aplikasinya.

Paket 26	<b>Alam Semesta</b> Paket ini membahas Alam semesta, karakteristiknya, dan teori pembentukannya.
Paket 27	<b>Tata Surya</b> Paket ini membahas matahari sebagai pusat tata surya dan planet-planetnya.
Paket 28	<b>Lapisan Bumi, batuan dan mineral</b> Paket ini membahas tentang bumi, lapisan-lapisan penyusun serta batuan mineral yang terkandung didalamnya.

### Bagaimana menggunakan buku ini?

Untuk memudahkan dosen dalam menyelenggarakan perkuliahan secara aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan, bahan perkuliahan memuat komponen berikut.

- **Pendahuluan** yang berisi ringkasan rancangan perkuliahan,
- **Rencana Pelaksanaan Perkuliahan** untuk memandu pengguna dalam melaksanakan perkuliahan,
- **Lembar kegiatan** yang dapat digunakan untuk mengaktifkan mahasiswa dan mahasiswi selama perkuliahan,
- **Lembar Uraian Materi** untuk membekali mahasiswa dan mahasiswi mencapai kompetensi yang diharapkan,
- **Lembar powerpoint** yang dapat digunakan oleh dosen untuk menyampaikan dan menguatkan kompetensi mahasiswa dan mahasiswi
- **Lembar Penilaian** untuk menilai pencapaian kompetensi mahasiswa dan mahasiswi.

Untuk memudahkan perkuliahan, sebaiknya pembaca mengikuti langkah-langkah berikut

- Teliti Tabel Peta Kompetensi dan saran urutan penyajiannya selama satu semester dari setiap paket!
- Telitilah bagian Pendahuluan, bagian ini berisi penjelasan umum mengenai rancangan perkuliahan dan kaitan dengan perkuliahan sebelum dan sesudahnya!
- Bacalah dengan seksama bagian Rencana Pelaksanaan Perkuliahan dan pahami kaitan antar komponennya (Lembar Kerja, Lembar Uraian Materi, Lembar Media, dan Lembar Penilaian)!

### Apa harapan tim penulis?

Harapan tim penulis kiranya buku ini bermanfaat sebagai bahan perkuliahan dan panduan perkuliahan IPA 2 pada program studi S1 PGMI sehingga

pembelajaran di program studi S1 PGMI dapat menjadi model yang baik bagi mahasiswa - mahasiswi calon guru Madrasah Ibtidaiyah. Saran dari pembaca sangat diharapkan oleh tim penulis.

Pada kesempatan ini, Tim penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Nila Wardani, Bapak Imam Suyitno dan Bapak Imam Agus Basuki, Ibu Nining Purwati, Bapak Sentot K., dan bapak/ibu dosen anggota konsorsium yang telah melakukan uji coba dan memberikan masukan untuk perbaikan bahan perkuliahan ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada LAPIS-PGMI yang telah memfasilitasi proses penulisan bahan kuliah ini sampai dapat diterbitkan.

Surabaya, Januari 2009

Tim Penulis

## PETA KOMPETENSI MATA KULIAH IPA 2

**Jumlah sks/semester** : 4 sks / III

**Jumlah pertemuan** : 4 jam/ minggu dan 16/semester

**Matakuliah Prasyarat** : IPA 2

STANDAR KOMPETENSI	KOMPETENSI DASAR	JUDUL PAKET	SARAN PENYAJIAN
1	2	3	4
1. Menguasai prinsip-prinsip dan karakteristik mekanika dan kalor serta pemanfaatannya	Menganalisis konsep besaran, satuan dan pengukuran	1. Besaran dan Satuan	Pertemuan 1
		2. Pengukuran	Pertemuan 2
	Menerapkan konsep kinematika gerak lurus	3. GLB	Pertemuan 3
		4. GLBB	Pertemuan 4
	Menerapkan konsep gaya dan hukum Newton tentang gerak	5. Gaya	Pertemuan 5
		6. Penerapan Hukum Newton tentang Gerak	Pertemuan 6
	Menerapkan konsep energi dan usaha serta aplikasinya	7. Energi	Pertemuan 7
		8. Usaha	Pertemuan 8
		9. Pesawat Sederhana	Pertemuan 9
		10. Momentum dan Impuls	Pertemuan 10
	Menganalisis sifat-sifat zat dan hubungannya dengan kalor serta aplikasinya dalam kehidupan	11. Sifat-Sifat Zat	Pertemuan 11
		12. Suhu	Pertemuan 12
		13. Kalor	Pertemuan 13
		14. Perubahan Wujud Zat	Pertemuan 14
	<b>UJI KOMPETENSI</b>		<b>UTS</b>
<b>Remedial</b>			Pertemuan 16
2. Menguasai prinsip-prinsip dan karakteristik serta pemanfaatan gelombang dan bunyi	2.1 Menjelaskan karakteristik gelombang dan aplikasinya	15 Gelombang	Pertemuan 17
	2.2 Menjelaskan karakteristik bunyi sebagai gelombang dan aplikasinya	16 Bunyi	Pertemuan 18

1	2	3	4
3. Menguasai prinsip-prinsip dan karakteristik serta aplikasi cahaya	3.1 Menganalisis konsep pemantulan cahaya, sifat cahaya, dan aplikasinya dalam kehidupan	17 Cahaya dan Pemantulannya	Pertemuan 19
	3.2 Menerapkan konsep pembiasan cahaya, sifat cahaya, dan aplikasinya dalam kehidupan	18 Pembiasan Cahaya 19 Difraksi,	Pertemuan 20
	3.3 Menerapkan konsep difraksi, interferensi, dan polarisasi cahaya,	20 Alat Optika	Pertemuan 21 Pertemuan 22
	3.4 Menerapkan cara kerja peralatan Optika	21 Aberasi	Pertemuan 23
	3.5 Menganalisis aberasi lensa	22 Listrik Statis	Pertemuan 24
4. Menguasai prinsip-prinsip dan karakteristik serta pemanfaatan listrik dalam kehidupan	4.1 Menerapkan konsep listrik statis		
	4.2 Menerapkan konsep rangkaian listrik arus searah	23 Rangkaian Listrik Arus Searah 24 Magnet	Pertemuan 25
5. Menguasai prinsip-prinsip dan karakteristik serta pemanfaatan magnet dalam kehidupan	5.1 Menganalisis sifat-sifat magnet dan aplikasinya	25 Medan Magnet	Pertemuan 26
	5.2 Menerapkan konsep medan magnet	26 Alam Semesta	Pertemuan 27 Pertemuan 28
6. Menguasai karakteristik alam semesta, tata surya dan struktur Bumi	6.1 Menganalisis konsep alam semesta	27 Tata Surya	Pertemuan 29
	6.2 Menerapkan konsep tata surya	28 Lapisan Bumi,	Pertemuan 30
	6.3 Memahami struktur bumi dan batuan serta mineral bumi	Batuan dan Mineral <b>UAS</b>	Pertemuan 31
<b>UJI KOMPETENSI</b>		<b>Remedial</b>	Pertemuan 32

# Paket 1

## BESARAN DAN SATUAN

### Pendahuluan



Paket ini merupakan paket perdana pada bahan ajar Ilmu Pengetahuan Alam 2. Konsep yang dipelajari pada paket ini di antaranya meliputi besaran pokok, besaran turunan, besaran vektor, dan besaran skalar. Konsep-konsep yang terkandung dalam paket ini akan mengantarkan mahasiswa-mahasiswi untuk menguasai konsep-konsep lain pada paket-paket berikutnya.

Perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi kepada mahasiswa dan mahasiswi akan pentingnya konsep besaran dan satuan sebagai dasar mempelajari konsep fisika. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi bekerja secara berkelompok dan berbagi gagasan dengan memanfaatkan LK 1.1.A, LK 1.1.B dan uraian materi 1.2 yang telah disediakan. Untuk menguatkan pemahaman mahasiswa-mahasiswi, dosen juga memberikan penegasan konsep dan memberikan kesempatan pada mahasiswa - mahasiswi untuk bertanya jawab.

Kelancaran kegiatan perkuliahan akan sangat mempengaruhi kemampuan mahasiswa-mahasiswi dalam menguasai materi. Oleh karena itu, pemberian bahan ajar atau tugas-tugas sebelum pertemuan berlangsung merupakan salah satu cara yang dapat ditempuh untuk tercapainya tujuan tersebut.



## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menganalisis konsep besaran, satuan, dan pengukuran.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. mengidentifikasi besaran dan satuannya,
2. membedakan besaran pokok, besaran turunan, besaran vektor dan besaran skalar,
3. melakukan penjumlahan dan pengurangan besaran vektor,
4. menuliskan dan mengoperasikan bilangan dalam notasi ilmiah,
5. membedakan sistem satuan,
6. mengkonversi sistem satuan,
7. melakukan analisis dimensi suatu besaran, dan

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Besaran Pokok dan Turunan
2. Besaran Vektor dan Skalar
3. Analisis Dimensi Suatu Besaran
4. Konsep-konsep Satuan
5. Sistem Satuan

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 1.1.A , dan 1.1.B
2. Lembar Uraian Materi 1.2
3. Lembar *PowerPoint* 1.3
4. Lembar Penilaian 1.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer (disediakan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
4'	1. Dosen memberikan motivasi, dengan cara menunjukkan gambar-gambar besaran dan satuan, yang dilanjutkan dengan tanya jawab. “ Mengapa besaran dan satuan diperlukan?”	Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 1.3
2'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 1.3
4'	3. Dosen membagi kelas menjadi beberapa kelompok yang beranggotakan 3 - 5 orang.	Ceramah	
	<b>Kegiatan Inti</b>		
20'	1. Mahasiswa - mahasiswi bekerja secara kelompok sesuai dengan kelompok yang telah dibentuk. Kelompok ganjil mengerjakan LK 1.1.A, sedangkan kelompok genap mengerjakan LK 1.1.B.	Diskusi Kelompok	LK 1.1.A, 1.1.B dan Uraian Materi 1.2
20'	2. Salah satu kelompok yang mengerjakan LK 1.1.A mempresentasikan hasil diskusinya dan ditanggapi oleh kelompok lain. Berikutnya dilanjutkan dengan kelompok yang mengerjakan LK 1.1.B.	Presentasi	
10'	3. Dosen memberikan penguatan tentang konsep besaran dan satuan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 1.3
20'	4. Mahasiswa-mahasiswi menanyakan hal-hal yang belum dipahami tentang besaran dan satuan.	Tanya Jawab	Uraian Materi 1.2
10	5. Mahasiswa-mahasiswi bekerja secara mandiri untuk berlatih soal-soal.	Kerja Mandiri	Lembar Penilaian 1.4

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen bersama-sama dengan mahasiswa - mahasiswi melakukan refleksi materi dan kegiatan perkuliahan yang telah dilaksanakan.	Presentasi	
5'	<b>Kegiatan Tindak lanjut</b> Dosen menugaskan mahasiswa - mahasiswi untuk mengerjakan soal-soal latihan, serta mengingatkan materi yang akan dibahas pada pertemuan berikutnya.	Ceramah	

## Lembar Kegiatan 1.1.A



# BESARAN DAN SATUAN

### Pengantar

Salah satu kompetensi yang harus dikuasai oleh seorang guru IPA MI adalah menjelaskan materi besaran dan satuan yang meliputi bilangan dalam notasi ilmiah, menerapkan standar satuan sistem internasional (SI), serta melakukan konversi satuan SI secara sistematis dengan menggunakan contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari. Penguasaan materi tentang besaran dan satuan ini bertujuan agar mahasiswa - mahasiswi mampu mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

### Tujuan

Setelah melakukan kegiatan ini, diharapkan mahasiswa-mahasiswi mampu:

1. mengidentifikasi berbagai macam besaran dan satuan,
2. membedakan antara besaran pokok dan besaran turunan,
3. mengoperasionalkan bilangan dalam notasi ilmiah,
4. menerapkan standar satuan dengan menggunakan Sistem Internasional, dan
5. mengkonversi beberapa jenis/macam satuan.

### Langkah Kegiatan

1. Pelajari uraian materi 1.2 yang berhubungan dengan topik pada LK 1.1.A dalam kelompok yang telah ditentukan!
2. Untuk lebih mudah dalam mempelajari, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.
  - a. Apakah yang dimaksud dengan besaran pokok dan besaran turunan?
  - b. Terdapat 7 macam besaran pokok. Tuliskanlah ke-7 besaran pokok tersebut lengkap dengan satuan dan lambang dimensinya!
  - c. Salah satu contoh besaran turunan adalah kecepatan. Tuliskanlah satuannya! Bagaimana pula dimensi besarnya?
  - d. Ukurlah panjang papan tulis di kelas Saudara dengan menggunakan penggaris, kemudian jawablah pertanyaan berikut ini!
    - 1) Berapakah panjangnya? Nyatakan dalam satuan cgs! Bagaimanakah notasi ilmiahnya?
    - 2) Jika hasil pengukuran tersebut dikonversi ke dalam sistem satuan Internasional, berapakah hasilnya?
    - 3) Jika diketahui 1 inchi = 2,54 cm, berapa inchkah panjang papan tulis tersebut?
3. Tuliskan hasil diskusimu di kertas plano!

## Lembar Kegiatan 1.1.B



# BESARAN DAN SATUAN

### Pengantar

Salah satu kompetensi yang harus dikuasai oleh seorang guru IPA MI adalah menjelaskan materi besaran dan satuan yang meliputi dimensi suatu besaran, besaran vektor dan besaran skalar. Dalam kehidupan sehari-hari, terdapat banyak contoh kejadian yang menggambarkan besaran vektor dan besaran skalar tersebut, baik dalam bentuk penjumlahan maupun pengurangan. Oleh karena itu, pemahaman tentang konsep ini akan lebih mempermudah mahasiswa - mahasiswi untuk mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

### Tujuan

Setelah melakukan kegiatan ini, mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. membedakan antara besaran vektor dan besaran skalar,
2. menggambarkan atau melukiskan resultan beberapa buah vektor,
3. menjumlahkan dan mengurangi besaran vektor,
4. menjelaskan tujuan dan pentingnya analisis dimensi dalam suatu besaran, dan
5. membuat dimensi beberapa besaran turunan.

### Langkah Kegiatan

1. Pelajari materi yang berhubungan dengan topik pada LK 1.2.B dalam kelompok yang telah ditentukan!
2. Untuk lebih mudah dalam mempelajarinya, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
  - a. Bedakanlah antara besaran vektor dan besaran skalar!
  - b. Jika diketahui vektor  $a$  adalah 5 satuan ke arah kanan, vektor  $b$  adalah 6 satuan ke arah yang sama dan vektor  $c = 8$  satuan ke arah yang berlawanan, berapakah resultan vektor-vektor tersebut?
  - c. Lukiskanlah resultan vektor-vektor yang ditunjukkan pada gambar berikut!
  - d. Apakah yang dimaksud dimensi suatu besaran?

- e. Ukurlah panjang dan lebar meja guru yang terdapat di kelas Saudara dengan menggunakan penggaris, kemudian jawablah soal-soal berikut!
- 1) Berapakah hasilnya? Nyatakan dalam satuan SI! Bagaimanakah notasi ilmiahnya?
  - 2) Jika hasil pengukuran tersebut dikonversi ke dalam sistem satuan cgs, berapakah hasilnya?
  - 3) Hitunglah luas meja tersebut! Bagaimana satuannya? Bagaimana pula dimensi besarnya?
3. Jika massa jenis diartikan sebagai massa suatu zat per satuan volume, dan jarak adalah hasil kali antara kecepatan dan waktu, bagaimanakah dimensi kedua besaran tersebut?
4. Tuliskan hasil diskusi saudara di kertas plano!.



## Uraian Materi 1.2



# BESARAN DAN SATUAN

## A. Besaran

Ilmu Pengetahuan Alam sering dikatakan sebagai pokok ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan berbagai fenomena alam. Kemampuan memahami berbagai gejala alam ini sangat berkaitan dengan 2 hal, yakni pemahaman tentang besaran dan kemampuan mengukur yang digambarkan dalam bentuk angka-angka. Dengan demikian, dalam mempelajari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) kita dituntut memiliki pemahaman yang baik mengenai pengukuran dan besaran-besaran yang terkait.

Salah satu cabang IPA adalah ilmu fisika (dari bahasa Yunani yang berarti alam). Fisika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari mengenai gejala-gejala alam. Dengan kata lain, fisika merupakan studi atau kajian yang menelaah ayat-ayat kauniah (ayat-ayat Allah) yang terdapat di alam, sehingga diharapkan manusia dapat memahaminya serta memanfaatkannya sebagai rasa pengabdian kita kepada Sang Kholik. Fenomena alam baik secara makro maupun mikro dapat ditunjukkan melalui sifat-sifat besaran fisika tersebut serta hubungan antara satu besaran dengan besaran lainnya.

Untuk memudahkan dalam mengungkap gejala alam, digunakan berbagai lambang notasi yang mewakili besaran-besaran fisika, misalnya massa ( $m$ ), panjang ( $l$ ), waktu ( $t$ ), laju ( $v$ ), suhu ( $T$ ) dan sebagainya. Untuk menyatakan suatu besaran, diperlukan satuan. Contohnya panjang kayu 50 meter berarti panjang kayu tersebut adalah 50 kali dari panjang satu meteran.

### Besaran Pokok dan Besaran Turunan

Jumlah besaran dalam fisika banyak sekali sehingga diperlukan banyak satuan. Hal itu akan sangat menyulitkan dalam pendefinisikan satuannya. Namun, besaran-besaran fisika tersebut banyak terbentuk dari besaran-besaran tertentu yang sejenis.

Besaran dibagi menjadi 2, yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah besaran yang satuannya didefinisikan sendiri berdasarkan hasil konferensi internasional mengenai berat dan ukuran ke-14 pada tahun 1971. Terdapat 7 besaran pokok, yaitu panjang, massa, waktu, kuat arus, suhu, jumlah zat, dan intensitas cahaya. Besaran-besaran yang satuannya

ditentukan dari besaran pokok disebut dengan besaran turunan, contohnya volume, massa jenis, kecepatan, gaya, usaha, dan lain-lain.

### Panjang

Standar internasional yang pertama adalah meter (m) dinyatakan sebagai standar panjang oleh French Academy of Sciences pada tahun 1790-an. Pada tahun 1889 suatu pertemuan internasional yang disebut *General Conference on Weight and Measures* dibentuk untuk melakukan pertemuan secara periodik untuk menyempurnakan satuan pengukuran ini. Pada tahun 1960, organisasi tersebut memutuskan untuk menamakan suatu sistem satuan berbasis meter, kilogram, dan sekon sebagai Sistem Internasional, yang disingkat SI (dari kata Perancis *Systeme International*). Tahun 1983, meter kembali didefinisikan ulang. Dalam hubungannya dengan kecepatan cahaya, meter adalah panjang jalur yang dilalui oleh cahaya pada ruang hampa udara selama selang waktu  $1/299.792.458$  sekon.

Terdapat banyak alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran panjang, di antaranya adalah mistar, roll meter, jangka sorong (Gambar 1.1) dan mikrometer sekrup.



**Gambar 1.1** Jangka Sorong Salah Satu Alat Ukur Besaran Panjang

Tabel 1.1 menunjukkan beberapa panjang tertentu, yakni dari yang terkecil hingga yang terbesar.

Tabel 1.1  
Beberapa Panjang atau Jarak tertentu (dalam nilai pangkat)

Panjang (jarak)	Meter (pendekatan)
Neutron atau proton (radius)	$10^{-15}$ m
Atom	$10^{-10}$ m
Virus	$10^{-7}$ m
Kertas (ketebalan)	$10^{-4}$ m
Lebar jari	$10^{-2}$ m
Panjang lapangan sepak bola	$10^2$ m
Tinggi puncak Everest	$10^4$ m
Diameter bumi	$10^7$ m
Bumi ke matahari	$10^{11}$ m
Bintang terdekat	$10^{16}$ m
Galaksi terdekat	$10^{22}$ m
Galaksi terjauh yang masih dapat dilihat	$10^{26}$ m

Pada dasarnya, besaran panjang dapat dinyatakan juga dalam satuan-satuan lain selain meter, baik satuan yang lebih besar maupun satuan yang lebih kecil. Satuan-satuan tersebut antara lain kilometer (km) dan (cm). Namun, satuan yang diakui secara internasional untuk besaran panjang adalah meter.

### Massa

Setiap benda tersusun dari materi. Jumlah materi yang terkandung dalam tiap-tiap benda dinamakan massa benda. Satuan standar massa berdasarkan SI adalah kilogram (kg). Pada mulanya, kilogram didefinisikan sebagai massa 1 liter air di bawah kondisi suhu dan tekanan tertentu. Namun, pada tahun 1901, satu kilogram standar didefinisikan sebagai massa logam platinum-iridium khusus yang disimpan di Biro Internasional untuk Berat dan Ukuran (*International Bureau of Weights and Measures*) di dekat kota Paris Prancis sebagaimana gambar 1.2.



Gambar 1.2 Standar Kilogram

Dalam kehidupan sehari-hari, massa sering disamakan dengan berat. Padahal, kedua besaran tersebut berbeda. Massa tidak dipengaruhi oleh gravitasi, sedangkan berat dipengaruhi oleh gravitasi. Ketika seorang astronot berada di bulan, berat badannya akan berkurang karena gravitasi bulan lebih kecil daripada dengan gravitasi bumi. Namun, tidak demikian dengan massanya. Massa astronot ketika berada di bulan akan tetap sama dengan massanya ketika berada di bumi. Tabel 1.2 memperlihatkan satu kisaran massa.

Tabel 1.2 Orde Besar Massa

Benda	Massa (Kilogram)
Elektron	$10^{-30}$ kg
Proton, neutron	$10^{-27}$ kg
Molekul DNA	$10^{17}$ kg
Bakteri	$10^{-15}$ kg
Nyamuk	$10^{-5}$ kg
Manusia	$10^2$ kg
Bumi	$6 \times 10^{24}$ kg
Matahari	$2 \times 10^{30}$ kg

Massa diukur dengan neraca lengan, sedangkan berat diukur dengan neraca pegas. Kedua neraca tersebut digolongkan ke dalam jenis neraca mekanik. Apabila ingin memperoleh hasil yang lebih akurat, gunakanlah neraca elektronik. Selain kilogram massa juga dinyatakan dalam satuan-satuan lain, misalnya untuk massa yang kecil contohnya gram (g), miligram (mg), ons. Sementara, untuk massa yang lebih besar digunakan satuan ton (t) atau kuintal (kw). Contoh 1 ton = 10 kw = 1000 kg, 1 kg = 1000 g = 10 ons.

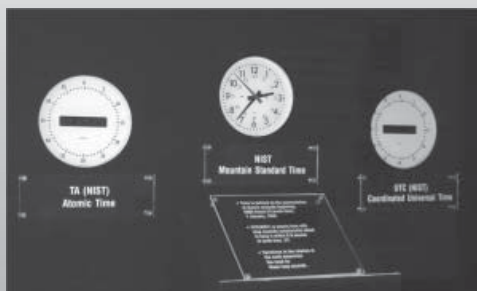
**Waktu**

Waktu adalah selang antara dua kejadian atau dua peristiwa. Misalnya, waktu malam adalah sejak matahari terbenam hingga fajar, waktu hidup adalah sejak dilahirkan hingga meninggal dunia, dan masih banyak contoh lainnya.

Satuan standar waktu adalah detik atau sekon (s). Selama bertahun-tahun, sekon didefinisikan sebagai 1/86.400 hari rata-rata dalam setahun. Saat ini, definisi tersebut sudah tidak akurat lagi karena rotasi bumi berkurang sedikit demi sedikit secara tak beraturan dari tahun ke tahun. Pada tahun 1967 standar sekon didefinisikan dalam frekuensi radiasi yang dipancarkan oleh atom Cesium (<sup>133</sup>Cs) ketika melewati dua keadaan tertentu. Tepatnya, satu sekon didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk 9.192.631.770 periode radiasi inti. Tentu saja, ada benarnya jika 60 s dalam satu menit dan 60 menit dalam satu jam atau hour (h). Tabel 1.3 menunjukkan kisaran pengukuran selang (interval) waktu.

Tabel 1.3  
Beberapa Interval Waktu Tertentu

Selang waktu	Sekon (pendekatan)
Waktu hidup partikel ketika tidak stabil	10 <sup>-23</sup> s
Waktu hidup elemen-elemen radioaktif	10 <sup>-23</sup> s s/d 10 <sup>-28</sup> s
Periode detak jantung manusia	10 <sup>0</sup> s (=1 s)
Satu hari	10 <sup>5</sup> s
Satu tahun	3 x 10 <sup>7</sup> s
Rentang waktu kehidupan manusia	2 x 10 <sup>9</sup> s
Kehidupan di bumi	10 <sup>17</sup> s
Umur alam semesta	10 <sup>18</sup> s



**Gambar 1.3.**  
Beberapa alat pengukur waktu

Untuk kejadian-kejadian yang selang terjadinya lama, waktu tidak lagi dinyatakan dalam sekon, tetapi dinyatakan dalam satuan-satuan yang lebih besar, misalnya menit, jam, hari, bulan, tahun, abad, dan seterusnya. Sementara untuk kejadian yang sangat cepat, digunakan satuan yang lebih kecil, misalnya milisekon, mikrosekon, dan sebagainya.

### Besaran Skalar dan Besaran Vektor

Selain besaran pokok dan besaran turunan, terdapat dua besaran fisis lainnya yaitu besaran skalar dan besaran vektor. Besaran skalar merupakan besaran yang memiliki besar dan tidak memiliki arah. Sementara besaran vektor adalah besaran yang memiliki besar dan arah.

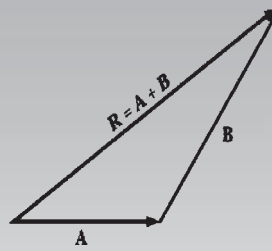
Pernyataan bahwa massa sebuah bola adalah 0,25 kg menunjukkan semua yang kita butuhkan untuk mengetahui tentang massanya. Khususnya, tidak ada arah tertentu ketika massa ditunjukkan. Hal yang sama adalah waktu yang diperlukan bola untuk menempuh jarak tertentu. Oleh karena itu, massa dan waktu adalah contoh besaran skalar. Contoh besaran skalar lainnya adalah suhu, energi benda yang bergerak, dan muatan listrik. Adapun, beberapa contoh besaran vektor adalah kecepatan, gaya, dan medan listrik.

Suatu vektor dapat dinotasikan dengan pemberian tanda panah di atas nama vektor ( $\vec{A}$ ), cetak tebal (**A**), ataupun dengan cetak miring (*A*). Karena vektor merupakan suatu besaran yang memiliki nilai dan arah, pada vektor dilakukan operasi aritmatika sederhana dengan catatan bahwa vektor tersebut sejenis dan berada pada arah yang sama. Vektor yang memiliki nilai sama tetapi memiliki arah yang berbeda, dapat dituliskan dengan  $\mathbf{A} = -\mathbf{B}$ .

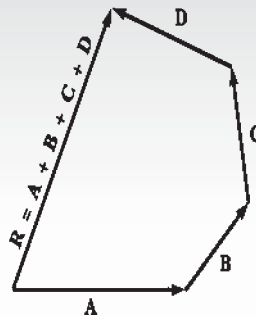
### Penjumlahan dan Pengurangan Vektor

Jika kita ingin menjumlahkan atau mengurangi suatu vektor, yakinkan bahwa vektor tersebut berada pada bagian yang sama. Penjumlahan dan pengurangan vektor dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya adalah dengan menggunakan metode poligon ataupun dengan operasi aljabar. Jika digunakan grafik, sebaiknya digunakan kertas grafik sehingga didapatkan hasil yang tepat. Hasil penjumlahan atau pengurangan suatu vektor disebut dengan vektor resultan.

Gambar berikut adalah gambar vektor **A** dan vektor **B**, yang jika dijumlahkan akan menghasilkan vektor resultan, yaitu **R**. Metode yang digunakan dalam penjumlahan ini adalah dengan menggunakan grafik, yaitu dengan menarik suatu vektor baru dari pangkal vektor **A** menuju ujung vektor **B**.



Contoh lain adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Vektor **R** merupakan resultan dari vektor **A**, **B**, **C**, dan **D**.



Penjumlahan dengan cara aljabar memiliki kaitan erat dengan komponen-komponen vektor. Komponen-komponen vektor meliputi komponen x dan y. Komponen x adalah suatu vektor yang terdapat pada sumbu x. Vektor A pada sumbu x dinyatakan dengan  $A_x = A \cos \theta$ , sedangkan komponen y adalah vektor-vektor yang terdapat pada sumbu y. Komponen ini dinyatakan dengan

. Dengan demikian, vektor A dinyatakan dengan

### Perkalian Skalar dengan Vektor

Hasil perkalian atau pembagian antara vektor dengan skalar, adalah sebuah vektor. Jika besaran skalar bernilai positif, arah vektor yang dihasilkan sama dengan arah vektor. Jika skalar bernilai negatif, arah vektor yang dihasilkan berlawanan dengan arah vektor sebelumnya.

## B. Satuan dan Sistem Satuan

Satuan sistem internasional (SI) merupakan sistem satuan yang paling penting dan sistem yang diterima secara luas di dunia saat ini. Namun, terdapat dua sistem lain yang tidak lazim dipakai, yakni sistem cgs dan sistem British. Dalam kehidupan sehari-hari kita sering mendengar istilah-istilah liter, galon, inci, ons, feet, pound, dan lain-lain. Satuan-satuan tersebut merupakan contoh sistem British.

Pada abad ke 17, sebagian ahli menggunakan sistem ukuran yang dinamakan sistem metrik. Pada sistem metrik, satuan yang lebih besar dan lebih kecil

didefinisikan dalam kelipatan 10 dari satuan standar. Cara ini membuat perhitungan cukup mudah. Dengan demikian, 1 kilometer (km) adalah 1000 m, 1 centimeter adalah  $\frac{1}{100}$  m, 1 milimeter (mm) adalah  $\frac{1}{1000}$  m atau  $\frac{1}{10}$  cm, dan seterusnya. Awalan *centi*, *kilo*, dan lainnya dapat diterapkan tidak hanya pada satuan panjang, tetapi juga pada satuan volume, massa, atau satuan metrik lainnya. Misalnya, satu centiliter (cL) adalah  $\frac{1}{1000}$  liter (L) dan satu kilogram adalah 1000 gram (g). Pada tahun 1960, sistem metrik digunakan dan diresmikan sebagai sistem internasional (SI). Penamaan ini berasal dari bahasa Perancis *Le Systeme Internationale d'Unites*.

Upaya menuju satu sistem satuan yang berlaku secara internasional bermula dari serangkaian pertemuan internasional para ilmuwan sejak tahun 1889. Pada 1991 telah diambil kesepakatan bahwa satuan standar untuk waktu adalah sekon (detik) dan pada rentang tahun dari 1954 s.d. 1971 dipilih tujuh satuan standar. Satuan tersebut adalah seperti yang terlihat pada Tabel 1.4

Tabel 1.4  
Tujuh Besaran dalam SI

Besaran pokok	Satuan SI	
	Nama Satuan	Simbol
Waktu	detik	S
Panjang	meter	m
Massa	kilogram	kg
Jumlah zat	mol	mol
Suhu	kelvin	K
Kuat arus	ampere	A
Intensitas cahaya	candela	cd

Sistem cgs berbasis centimeter, gram, dan sekon. Sistem ini adalah sistem metrik yang diturunkan langsung dari Sistem Internasional. Centimeter, gram, dan sekon adalah satuan standar untuk panjang, massa, dan waktu. Sementara *British Engineering System* memakai *standar foot* untuk panjang, *pound* untuk gaya, dan sekon untuk waktu.

### Hubungan dan Konversi Satuan

Besaran apa pun yang diukur, panjang ataupun kecepatan selalu terdiri atas angka dan satuan. Kita sering diberi besaran dalam satu set satuan, tetapi kemudian ingin mengubahnya dalam set satuan yang lain. Hal ini dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan perubahan pokok yang menghubungkan suatu set satuan ke satuan yang lain. Kegiatan ini disebut dengan konversi satuan.



Sebagai contoh, sebuah meja lebarnya 21,5 inci, Jika dinyatakan dalam centimeter, kita harus menggunakan faktor konversi, dengan ketentuan bahwa 1 in. = 2,54 cm, atau jika ditulis dengan cara lain  $1 = 2,54 \text{ cm/in}$ .

Karena mengalikan yang satu tidak mengubah apa-apa, jadi lebar meja dalam centimeter adalah

$$21,5 \text{ inci} = 21,5 \text{ in} \times \left( 2,54 \frac{\text{cm}}{\text{in}} \right) = 54,6 \text{ cm}$$

Perhatikan bagaimana satuan (inci) saling meniadakan!

Contoh lain, sebuah lembaran bundar memiliki luas 1,25 inci persegi. Jika dinyatakan dalam centimeter persegi, penyelesaiannya adalah sebagai berikut: Karena 1 in. = 2,54 cm, maka  $1 \text{ in.}^2 = (2,54 \text{ cm})^2 = 6,45 \text{ cm}^2$ , sehingga

$$1,25 \text{ in.}^2 = (1,25 \text{ in.}^2) \left( 2,54 \frac{\text{cm}}{\text{in}} \right)^2 = (1,25 \text{ in.}^2) \left( 6,45 \frac{\text{cm}^2}{\text{in}^2} \right) = 8,06 \text{ cm}^2$$

### C. Analisis Dimensi

Dalam fisika banyak besaran yang sebenarnya terbentuk atau tersusun atas besaran lain, atau besaran yang satu dengan lainnya sebenarnya sejenis. Misalnya, jarak yang ditempuh partikel selama bergerak lurus dengan keliling suatu lingkaran adalah dua besaran sejenis yang sama-sama merupakan besaran panjang. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh tiap satu satuan waktu. Artinya, besaran kelajuan tersebut sebenarnya tersusun dari besaran panjang dibagi waktu. Gambaran yang menggambarkan bagaimana suatu besaran terbentuk atau tersusun dari besaran-besaran lain disebut dengan dimensi.

Seperti yang telah disebutkan pada bagian terdahulu, ada tujuh besaran pokok yang satu dengan lain satuannya didefinisikan secara independen. Untuk besaran-besaran mekanik, massa, panjang, dan waktu merupakan besaran pokok yang biasa membentuk besaran-besaran lainnya. Besaran-besaran tersebut diberi notasi dimensi M untuk massa, L untuk panjang dan T untuk waktu.

Dalam hal contoh di atas (kelajuan), dimensinya adalah  $[v] = L/T = LT^{-1}$ . Dimensi ini diperoleh dari definisi bahwa kelajuan adalah jarak tempuh dibagi waktu. Jarak tempuh termasuk besaran panjang, dan dimensinya L, sedangkan besaran waktu memiliki dimensi T. Dengan demikian, dimensi kelajuan menjadi  $L/T = LT^{-1}$  dengan satuan m/s, km/jam, atau lainnya.

Kegiatan yang telah dilakukan pada besaran kelajuan di atas disebut analisis dimensi. Selain dapat menggambarkan suatu besaran dalam besaran lain,

analisis dimensi juga dapat digunakan untuk mengecek kebenaran suatu persamaan fisika. Hal ini dapat terjadi karena suatu persamaan fisika harus memiliki dimensi yang konsisten.

Misalnya, dalam persamaan gerak lurus beraturan ada persamaan yang menghubungkan perpindahan dengan kecepatan dan waktu, yaitu  $s=v.t$ . Apabila kita melakukan analisis dimensi, dimensi ruas kiri harus sama dengan dimensi ruas kanan. Dimensi perpindahan adalah  $[L]$  sedangkan dimensi kecepatan adalah  $[L/T]$  dan dimensi waktu adalah  $[T]$ . Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa  $s= v.t$

$$[L] = L/T][T] = [LT^{-1}][T]$$

$[L] = [L] \Rightarrow$  berarti persamaan tersebut adalah benar, karena dimensinya konsisten.

### D. Notasi Ilmiah

Salah satu bahasa fisika adalah angka. Rentangan angka dalam dunia fisika sangat besar. Sebagai contoh, jarak antara bumi ke matahari sekitar 150.000.000 kilometer (km), massa bumi sekitar 5.980.000.000.000.000.000.000 kilogram (kg), dan diameter atom sekitar 0,0000000001 meter (m). Angka-angka tersebut tentu sangat besar dan sangat merepotkan jika harus ditulis demikian. Untuk menyederhanakan angka-angka tersebut, para ahli menyarankan penggunaan pangkat 10. Dengan penggunaan pangkat 10 ini, jarak antara bumi ke matahari adalah  $150^6$  km, massa bumi  $5,98 \times 10^{24}$  kg, dan diameter atom dapat ditulis  $10^{-10}$  m. Dalam notasi ini,  $10^3$  menyatakan 1000 dan  $10^{-5}$  berarti 0,00001. Penggunaan pangkat 10 tersebut dinamakan dengan notasi ilmiah.

### Latihan

1. Bedakanlah antara besaran pokok, besaran turunan, besaran vektor, dan besaran skalar!
2. Lakukanlah analisis dimensi terhadap kecepatan dan usaha?

### Rangkuman

1. Besaran fisika dapat berupa besaran pokok atau besaran turunan.
2. Besaran juga dapat dipilah menjadi besaran skalar dan besaran vektor.
3. Besaran pokok adalah besaran-besaran yang membentuk besaran turunan. Contohnya adalah panjang, massa, dan waktu. Besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari satuan besaran pokok. Contohnya volume, kecepatan, dan luas.
4. Besaran skalar tidak memiliki arah sedang besaran vektor memiliki besar dan arah.

5. Hasil penjumlahan dan pengurangan vektor dapat diketahui dengan menggunakan operasi aljabar ataupun dengan menggunakan metode poligon. Perkalian skalar dengan vektor selalu menghasilkan vektor. Jika skalar bernilai positif, arah vektor yang dihasilkan sama dengan arah vektor. Sementara, jika skalar bernilai negatif, arah vektor yang dihasilkan berlawanan dengan arah vektor sebelumnya.
6. Analisis dimensi penting dilakukan untuk menggambarkan bagaimana suatu besaran dinyatakan dalam besaran lainnya. Selain itu, dapat juga digunakan untuk mengecek kebenaran suatu persamaan fisika.

## Lembar PowerPoint 1.3



### BESARAN DAN SATUAN

#### Pertanyaan

- Mengapa besaran dan satuan diperlukan dalam kehidupan sehari-hari?

#### Kompetensi Dasar

Mampu menganalisis konsep besaran, satuan, dan pengukuran

#### Indikator

- Mampu mengidentifikasi besaran dan satuannya.
- Membedakan besaran pokok, besaran turunan, besaran skalar dan besaran vektor
- Melakukan penjumlahan dan pengurangan besaran vektor
- Menuliskan dan mengoperasikan bilangan dalam notasi ilmiah
- Membedakan dan mengkonversi satuan
- Melakukan analisis dimensi suatu besaran

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi Kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Kerja Individual
- Refleksi

#### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa - mahasiswi bekerja secara kelompok sesuai dengan kelompok yang telah dibentuk.
- Kelompok ganjil mengerjakan LK 1.1.A, sedangkan kelompok genap mengerjakan LK 1.1.B.

### Presentasi

- Perwakilan kelompok ganjil mempresentasikan hasil diskusi
- Ditanggapi kelompok yang lain
- Perwakilan kelompok genap mempresentasikan hasil diskusi
- Ditanggapi kelompok yang lain

## BESARAN

Besaran fisika dapat berupa besaran pokok, besaran turunan, besaran skalar dan besaran vektor.

### Besaran Pokok dan Turunan

- Besaran pokok adalah besaran-besaran yang membentuk besaran turunan. Contoh: panjang, massa dan waktu.
- Besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari satuan besaran pokok. Contoh: volume, percepatan dan luas.

- Penjumlahan & pengurangan vektor dapat dilakukan dengan metode Aljabar atau Poligon.
- Perkalian dan pembagian antara skalar dengan vektor menghasilkan vektor. Jika skalar positif → arah vektor yang dihasilkan = vektor semula. Jika skalar negatif → arah vektor yang dihasilkan berlawanan dengan vektor semula.

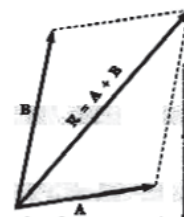
### Penjumlahan Vektor dengan metode Poligon

- Gambar vektor mulai dari pangkal suatu vektor menuju ujung vektor lainnya.
- Vektor resultan digambarkan dari vektor **A** ke vektor berikutnya.
- Hasil penjumlahan dinyatakan dengan vektor **R**



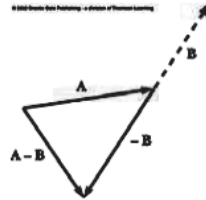
### Metode alternatif

- Jika hanya terdapat 2 buah vektor, Anda dapat menggunakan **Metode Parallelogram**
- Semua vektor, termasuk vektor resultan digambarkan dari tempat yang sama.



### Pengurangan Vektor

- Jika vektor **A** – **B**, maka digunakan **A+(-B)**
- Lakukan prosedur yang sama dengan prosedur penjumlahan vektor



### Komponen Vektor

- Komponen x suatu vektor adalah vektor yang terdapat pada sumbu x

$$A_x = A \cos \theta$$

- Komponen y suatu vektor merupakan vektor yang terdapat pada sumbu y

$$A_y = A \sin \theta$$

- Dengan demikian, vektor tersebut dinyatakan

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$$

### Penjumlahan Vektor secara Aljabar

- Tentukan sistem koordinat dan lukiskan vektor-vektor.
- Temukan komponen x dan y pada masing-masing vektor
- Jumlahkan semua komponen x, sehingga diperoleh  $R_x$

$$R_x = \sum v_x$$

- Selanjutnya jumlahkan komponen y, sehingga diperoleh  $R_y$ :  $R_y = \sum v_y$
- Gunakan teorema pythagoras untuk mendapatkan vektor resultan:  $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$
- Gunakan fungsi tangensial untuk mendapatkan arah vektor R:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

### Sistem Satuan

- Sistem Internasional (SI) disepakati pada tahun 1960 oleh komite internasional. Dulu dikenal dengan sistem mks.
- Sistem cgs (Gaussian System)
- Sistem British

### Analisis dimensi

- Menggambarkan bagaimana suatu besaran dinyatakan dalam besaran lainnya.
- Dapat digunakan untuk mengecek kebenaran suatu persamaan fisika.

**Beberapa dimensi yang umum digunakan dalam pengukuran**

Panjang	L	m (SI)
Luas	L <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> (SI)
Volume	L <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> (SI)
Kecapatan	L/T	m/s (SI)
Percepatan	L/T <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup> (SI)

**Contoh analisis dimensi**

$$\text{Jarak} = \text{kecepatan} \cdot \text{waktu}$$

$$L = (L/T) \cdot T$$

**Konversi Satuan**

- Jika suatu besaran tidak dinyatakan dalam satuan yang sama, maka perlu dilakukan konversi
- Konversi dapat dilakukan secara aljabar

$$1 \text{ mil} = 1609 \text{ m} = 1.609 \text{ km} \qquad 1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m} = 30.48 \text{ cm}$$

$$1 \text{ m} = 39.37 \text{ in} = 3.281 \text{ ft} \qquad 1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m} = 2.54 \text{ cm}$$

**Tanya Jawab**

- Kemukakan hal-hal yang belum jelas tentang besaran dan satuan

**Kerja Mandiri**

- Kerjakan soal-soal pada lembar penilaian 1.4

**Refleksi**

- Perwakilan mahasiswa menyampaikan jalannya perkuliahan

**Tindak Lanjut**

- Soal-soal latihan yang lain harap dicoba di rumah
- Jangan lupa mempersiapkan untuk pertemuan berikutnya.

## Lembar Penilaian 1.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan mengapa ilmu fisika membutuhkan besaran?
2. Jelaskan perbedaan antara besaran pokok dan besaran turunan!
3. Identifikasi masing-masing 3 contoh besaran pokok dan turunan yang Anda temukan dalam kehidupan sehari-hari!
4. Temukan satuan SI dari besaran-besaran di bawah ini!
  - massa
  - massa jenis
  - percepatan
5. Lengkapi tabel konversi berbagai satuan di bawah ini:
 

2,0 km	=	..... m
5 liter	=	..... cc
500 kg/m <sup>3</sup>	=	..... gram/cc
10 inci	=	..... cm
12 km/jam	=	..... m/s
6. Tuliskan angka-angka berikut dengan lengkap dengan koma desimal dan jumlah nol yang benar: (1)  $75,9 \times 10^7$  (2)  $43,5 \times 10^4$  (3)  $8,8 \times 10^2$
7. Massa jenis merupakan massa per satuan volume. Temukan satuan dan dimensi jenis! Bila massa jenis kaca adalah 4,0 gram/cc, nyatakan massa jenis kaca tersebut dalam kg/m<sup>3</sup>.
8. Jelaskanlah perbedaan antara besaran skalar dan vektor!
9. Tentukan dimensi dari momentum, impuls dan energi kinetik!
10. Jelaskan penggunaan analisis dimensi dalam fisika!

### Pedoman Penilaian

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi
90 - 100	Sangat Baik
80 - 89	Baik
65 - 79	Cukup
55 - 64	Kurang
10 - 54	Sangat Kurang



## Daftar Pustaka

Djonoputro, B.D., 1984. *Teori Ketidakpastian*. Edisi kedua. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.

Giancoli, D.C., 1998. *Physics*. Terjemahan: Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga.

Suryati., Widodo, W., Sudibyo., dan Soegino. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: Unesa University Press.

## Paket 2

# PENGUKURAN

## Pendahuluan



Fokus pada paket ini adalah pengukuran. Pembahasan tentang pengukuran ini merupakan bahasan kelanjutan dari paket sebelumnya yaitu besaran dan satuan. Paket ini akan menguraikan pengertian pengukuran dan sumber-sumber kesalahan dalam pengukuran. Selain itu, hal penting lain yang harus diperhatikan ketika kita melakukan pengukuran adalah cara menuliskan dan melaporkan hasil pengukuran dengan benar.

Proses perkuliahan meliputi motivasi akan pentingnya pengukuran, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam proses penemuan fisika. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi berlatih melakukan pengukuran dan melaporkan hasil pengukuran dengan panduan LK 2.1.A, LK 2.1.B, LK 2.1.C, dan uraian materi. Dosen perlu menegaskan konsep pengukuran dan juga memberikan kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya jawab hal-hal yang berkaitan dengan pengukuran dan pelaporannya.

Perkuliahan ini membutuhkan beberapa alat ukur. Dosen bisa bekerja sama dengan mahasiswa-mahasiswi untuk mempersiapkan alat ukur yang diperlukan. Pemberian uraian materi dan lembar kegiatan sebelum tatap muka perlu dilakukan agar lebih memudahkan mahasiswa-mahasiswi dalam mengikuti kegiatan perkuliahan.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menganalisis konsep besaran, satuan, dan pengukuran.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian pengukuran,
2. mengidentifikasi sumber-sumber kesalahan pengukuran,
3. menentukan ketelitian dan akurasi pengukuran,
4. menuliskan hasil pengukuran dengan benar,
5. menjelaskan hasil pengukuran berdasarkan angka penting,
6. mengoperasikan angka penting, dan
7. melakukan pengukuran panjang, massa, waktu, temperatur, ketebalan kertas, berat, dan volume dengan menggunakan alat ukur yang sesuai.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Pengukuran
2. Sumber-sumber Kesalahan dalam Pengukuran
3. Ketelitian dan Akurasi Pengukuran
4. Angka Penting dan Operasinya
5. Penulisan Hasil Pengukuran

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 2.1.A , 2.1.B dan 2.1.C
2. Lembar Uraian Materi 2.2
3. Lembar *PowerPoint* 2.3
4. Lembar Penilaian 2.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Awal</b> 1. Dosen membuka perkuliahan dengan cara memberikan pertanyaan sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>Jelaskan pentingnya pengukuran dalam fisika!</li> </ul>	Tanya Jawab	Slide PowerPoint 2.3
2'	2. Dosen menegaskan pentingnya pengukuran dan menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	Slide PowerPoint 2.3
15'	<b>Kegiatan Inti</b> 1. Dosen menegaskan hal-hal yang perlu diketahui dalam menggunakan alat ukur dan melakukan pengukuran.	Ceramah bervariasi	Slide PowerPoint 2.3
20'	2. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 6 kelompok. Kelompok 1 dan 2 mengerjakan LK 2.1.A, kelompok 3 dan 4 mengerjakan LK 2.1.B, dan kelompok 5 dan 6 mengerjakan LK 2.1.C. Mahasiswa-mahasiswi juga disarankan menggunakan lembar uraian materi.	Diskusi dan Eksperimentasi	LK 2.1.A, 2.1.B dan 2.1.C Uraian Materi 2.2
15'	3. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil pekerjaannya secara bergiliran.	Group to Group Exchange	
10'	4. Dosen menegaskan konsep pengukuran dan pelaporannya.	Ceramah	Slide PowerPoint 2.3
15'	5. Mahasiswa-mahasiswi mempertanyakan hal-hal yang belum jelas tentang pengukuran.	Tanya Jawab	
10'	6. Mahasiswa-mahasiswi berlatih memecahkan masalah-masalah pengukuran.	Kerja Individual	

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen bersama-sama dengan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi materi dan kegiatan perkuliahan yang telah dilaksanakan.	Curah Pendapat	
3'	<b>Kegiatan Tindak lanjut</b> Dosen menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk membuat review materi yang telah dipelajari serta mengingatkan tentang materi yang akan dibahas pada pertemuan. berikutnya.	Penugasan	

## Lembar Kegiatan 2.1.A



# MENGUKUR VOLUME BALOK

## Pengantar

Pengukuran adalah suatu kegiatan yang tidak pernah terlepas dari kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, seorang anak yang ingin mengetahui volume air suatu bak mandi, terlebih dahulu anak tersebut harus mengetahui panjang, lebar, dan tinggi bak mandi tersebut. Hal ini dapat diketahui melalui kegiatan pengukuran. Konsep pengukuran merupakan konsep yang tidak terlepas dari konsep besaran dan satuan. Maka dari itu, dalam kegiatan ini seyogyanya mahasiswa-mahasiswi telah memahami terlebih dahulu konsep besaran dan satuan.

## Tujuan

Melakukan kegiatan pengukuran dengan menggunakan berbagai alat ukur

## Alat dan Bahan

1. Mistar 30 cm
2. Jangka sorong
3. Balok kayu

## Langkah Kegiatan

1. Ukurlah panjang, lebar, dan tinggi balok menggunakan mistar. Pastikan bahwa titik nol mistar sudah tepat pada salah satu ujung balok. Saudara perlu memahami bahwa pembacaan skala pada mistar harus tegak lurus pada skala yang ditunjuk sehingga tidak terjadi kesalahan paralaks.
2. Lakukan pengukuran sebanyak 3 kali (usahakan orang yang mengukur berbeda).
3. Catatlah hasil pengukuran pada tabel berikut!

Pengukuran ke-	Mistar			Jangka Sorong		
	Panjang	Lebar	Tinggi	Panjang	Lebar	Tinggi
1						
2						
3						
Rata-rata						

4. Berdasarkan hasil langkah 2, tentukan volume balok (volume balok = panjang x lebar x tinggi)! Perhatikan aturan pengoperasian angka penting.  
Volume balok = ..... cm
5. Selanjutnya, ukurlah panjang, lebar, dan tinggi balok yang sama dengan menggunakan jangka sorong!
6. Catatlah hasilnya lalu tentukan volume balok tersebut!
7. Bandingkan hasil pengukuran Saudara-Saudari dengan pengukuran sebelumnya. Manakah yang lebih teliti? Mengapa?

## Lembar Kegiatan 1.1.B



# BESARAN DAN SATUAN

### Pengantar

Salah satu kompetensi yang harus dikuasai oleh seorang guru IPA MI adalah menjelaskan materi besaran dan satuan yang meliputi dimensi suatu besaran, besaran vektor dan besaran skalar. Dalam kehidupan sehari-hari, terdapat banyak contoh kejadian yang menggambarkan besaran vektor dan besaran skalar tersebut, baik dalam bentuk penjumlahan maupun pengurangan. Oleh karena itu, pemahaman tentang konsep ini akan lebih mempermudah mahasiswa - mahasiswi untuk mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

### Tujuan

Setelah melakukan kegiatan ini, mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. membedakan antara besaran vektor dan besaran skalar,
2. menggambarkan atau melukiskan resultan beberapa buah vektor,
3. menjumlahkan dan mengurangi besaran vektor,
4. menjelaskan tujuan dan pentingnya analisis dimensi dalam suatu besaran, dan
5. membuat dimensi beberapa besaran turunan.

### Langkah Kegiatan

1. Pelajari materi yang berhubungan dengan topik pada LK 1.2.B dalam kelompok yang telah ditentukan!
2. Untuk lebih mudah dalam mempelajarinya, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
  - a. Bedakanlah antara besaran vektor dan besaran skalar!
  - b. Jika diketahui vektor  $a$  adalah 5 satuan ke arah kanan, vektor  $b$  adalah 6 satuan ke arah yang sama dan vektor  $c = 8$  satuan ke arah yang berlawanan, berapakah resultan vektor-vektor tersebut?
  - c. Lukiskanlah resultan vektor-vektor yang ditunjukkan pada gambar berikut!
  - d. Apakah yang dimaksud dimensi suatu besaran?



- e. Ukurlah panjang dan lebar meja guru yang terdapat di kelas Saudara dengan menggunakan penggaris, kemudian jawablah soal-soal berikut!
- 1) Berapakah hasilnya? Nyatakan dalam satuan SI! Bagaimanakah notasi ilmiahnya?
  - 2) Jika hasil pengukuran tersebut dikonversi ke dalam sistem satuan cgs, berapakah hasilnya?
  - 3) Hitunglah luas meja tersebut! Bagaimana satuannya? Bagaimana pula dimensi besarnya?
3. Jika massa jenis diartikan sebagai massa suatu zat per satuan volume, dan jarak adalah hasil kali antara kecepatan dan waktu, bagaimanakah dimensi kedua besaran tersebut?
4. Tuliskan hasil diskusi saudara di kertas plano!.

## Lembar Kegiatan 2.1.B



# MENGUKUR WAKTU MENGUNAKAN STOPWATCH

### Pengantar

Selain jam, alat ukur yang dapat digunakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan seseorang untuk melakukan kegiatan adalah stopwatch. Umumnya, stopwatch lebih sering digunakan dalam bidang olah raga terutama dalam cabang atletik. Pada kegiatan ini, mahasiswa dituntut untuk dapat melakukan pengukuran dengan menggunakan stopwatch.

### Tujuan

Mengoperasikan stopwatch dalam suatu kegiatan pengukuran

### Alat dan Bahan

Stopwatch

### Langkah Kegiatan

1. Pastikan dahulu bahwa semua jarum stopwatch menunjuk pada angka nol! Apabila belum, tekan tombol hitam yang ada ditengah!
2. Pada waktu pengukuran tekan tombol start (warna hijau, tombol kanan)!
3. Ketika pengukuran telah selesai, tekan tombol stop (warna merah, tombol kiri)!
4. Bacalah skala yang ditunjuk oleh stopwatch, mulailah dengan penunjukkan jarum menit kemudian jarum detik/sekon! Pembacaan dan penulisan jarum detik dapat dilakukan hingga setengah skala terkecil!
5. Mintalah salah seorang anggota kelompok Saudara/Saudari untuk berjalan mengelilingi ruang kelas. Dan ukurlah berapa lama waktu yang diperlukannya!

## Lembar Kegiatan 2.1.C



# MENGUKUR SUHU MENGUNAKAN TERMOMETER

### Pengantar

Termometer merupakan alat ukur yang penggunaannya relatif lebih mudah dari pada alat ukur lain seperti jangka sorong, neraca, dan stopwatch. Walaupun demikian, Anda tetap harus paham bagian-bagiannya dan berhati-hati dalam bekerja serta cermat dalam membaca skalanya.

### Tujuan

Mampu membaca skala termometer dalam suatu pengukuran

### Alat dan Bahan

1. Termometer
2. Air Panas dan Es
3. *Beaker glass* 500 ml
4. Statif

### Langkah Kegiatan

1. Masukkan air panas pada *beaker glass*!
2. Gantungkan termometer pada statif, lalu masukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi air panas!Usahakan ujung termometer tidak menyentuh dasar *beaker glass*!
3. Bacalah skala yang ditunjuk oleh termometer secara tegak lurus untuk menghindari kesalahan paralaks! Pembacaan dan penulisan hasil pengukuran dapat dilakukan hingga setengah skala terkecil. Hal yang perlu diperhatikan, bahwa pembacaan skala hanya dibenarkan ketika cairan dalam kapiler sudah tidak berubah lagi (konstan).
4. Lakukan pengukuran sebanyak 3 kali (dilakukan oleh orang yang berbeda) dan catatlah hasil pengukuran Saudara dalam tabel yang telah disediakan!

Pengukuran ke-	Air Panas	Air Dingin
1		
2		
3		
Rata-rata		

5. Dengan cara yang sama, lakukan pengukuran terhadap air es!.

## Uraian Materi 2.2



# PENGUKURAN

### A. Pengertian Pengukuran

Pengukuran merupakan kegiatan yang cukup sederhana, tetapi sangat penting dalam kehidupan sehari-hari kita. Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran lain sejenis yang dipergunakan sebagai satuannya. Misalnya, Anda mengukur panjang buku dengan mistar, artinya Anda membandingkan panjang buku tersebut dengan satuan-satuan panjang yang ada di mistar, yakni milimeter atau centimeter, sehingga diperoleh hasil pengukuran, yakni panjang buku adalah 350 mm atau 35 cm.

### B. Ketelitian dan Akurasi Pengukuran

Seberapa besar ketelitian orang mengukur suatu besaran akan bergantung pada kepentingan mengukur itu sendiri. Misalnya untuk mengukur lebar suatu sekolah, cukup digunakan alat ukur panjang dengan skala terkecil centimeter, karena perbedaan 1 cm atau 2 cm dari hasil ukur kita tidak akan berpengaruh besar pada bangunan itu. Namun, untuk mengukur diameter skrup, alat ukur yang harus digunakan adalah jangka sorong. Artinya, pemilihan alat ukur yang digunakan dalam kegiatan pengukuran akan mempengaruhi hasil pengukuran itu sendiri.

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam kegiatan pengukuran, yaitu ketelitian (presisi) dan ketepatan (akurasi). Ketelitian menyatakan derajat kepastian hasil suatu pengukuran, sedangkan ketepatan menggambarkan seberapa tepat hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya.

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, ketelitian sangat bergantung pada alat yang digunakan dalam kegiatan pengukuran. Umumnya, semakin kecil pembagian skala suatu alat, semakin teliti hasil pengukurannya. Mistar umumnya memiliki skala terkecil 1 mm, sedangkan jangka sorong mencapai 0,1 mm atau 0,05 mm. Dengan demikian, menggunakan jangka sorong dalam pengukuran akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada pengukuran yang menggunakan mistar.

Ketepatan dalam pemilihan alat ukur, memungkinkan diperolehnya hasil pengukuran yang lebih teliti, tetapi tidak mungkin menghasilkan pengukuran yang tepat (akurat) secara mutlak. Akurasi pengukuran harus dicek dengan cara membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dengan nilai standar yang ditetapkan. Selain itu, akurasi alat ukur yang digunakan pun harus dicek secara periodik dengan metode *the two-point calibration*. Apakah sebelum digunakan alat ukur telah menunjuk nol? Apakah pada saat digunakan untuk mengukur sesuatu yang standar, alat ukur tersebut menunjukkan pembacaan ukuran yang benar?

### C. Sumber-sumber ketidakpastian dalam pengukuran

Ada tiga sumber utama yang menimbulkan ketidakpastian pengukuran. Ketiga sumber tersebut diuraikan sebagai berikut ini.

#### Ketidakpastian Sistematis

Ketidakpastian sistematis bersumber dari alat ukur yang digunakan atau kondisi yang menyertai saat pengukuran. Jika sumber ketidakpastian adalah alat ukur, setiap kali alat ukur tersebut digunakan diperoleh hasil pengukuran yang menunjukkan ketidakpastian yang sama. Beberapa yang termasuk dalam ketidakpastian sistematis antara lain dijelaskan berikut ini.

- Ketidakpastian alat  
Ketidakpastian ini muncul akibat kalibrasi skala penunjukan angka pada alat ukur yang tidak tepat sehingga pembacaan skala menjadi tidak sesuai dengan yang sebenarnya. Misalnya, kuat arus listrik yang melewati suatu beban sebenarnya 1,0 A, tetapi bila diukur menggunakan suatu amperemeter tentu selalu terbaca 1,2 A. Untuk mengatasi ketidakpastian alat ukur tersebut, harus dilakukan kalibrasi setiap alat yang akan dipergunakan.
- Kesalahan nol  
Ketidaktepatan penunjukan alat pada skala nol juga menimbulkan ketidakpastian sistematis. Hal ini sering terjadi, tetapi juga sering terabaikan. Umumnya, sebagian besar alat ukur sudah dilengkapi dengan skrup pengatur/pengenol. Apabila sudah diatur maksimal tetap tidak tepat pada skala nol, untuk mengatasinya harus diperhitungkan selisih kesalahan tersebut setiap kali melakukan pembacaan skala.
- Waktu respon yang tidak tepat  
Ketidakpastian pengukuran ini muncul akibat dari waktu pengukuran (pengambilan data) yang tidak bersamaan dengan saat munculnya data yang seharusnya diukur. Akibatnya, data yang diperoleh bukan data yang sebenarnya. Misalnya, kita ingin mengukur periode getar suatu beban

yang digantungkan pada pegas dengan menggunakan stopwatch. Selang waktu yang kita ukur sering tidak tepat karena terlalu cepat atau terlambat menekan tombol stopwatch saat kejadian berlangsung.

- Kondisi yang tidak sesuai  
Ketidakpastian pengukuran ini muncul karena kondisi alat ukur dipengaruhi oleh kejadian yang hendak diukur. Ketidakpastian tersebut dapat dilihat pada pengukuran nilai transistor saat dilakukan penyolderan atau pengukuran panjang sesuatu pada suhu tinggi menggunakan mistar logam. Hasil yang didapatkan tentu bukan nilai yang sebenarnya karena panas mempengaruhi sesuatu yang diukur dan alat pengukuranya.

### **Ketidakpastian Random**

Umumnya, ketidakpastian random bersumber dari gejala yang tidak mungkin dikendalikan secara pasti atau tidak dapat diatasi secara tuntas. Gejala tersebut merupakan perubahan yang sangat cepat dan acak hingga pengaturan atau pengontrolannya di luar kemampuan kita. Misalnya, gerak acak molekul udara dan radiasi latar belakang. Molekul udara selalu bergerak secara acak (gerak Brown) sehingga berpeluang mengganggu alat ukur yang halus, misalnya mikro-galvanometer, dan melahirkan ketidakpastian pengukuran. Sementara, radiasi kosmos dari angkasa dapat mempengaruhi hasil pengukuran alat pencacah, sehingga melahirkan ketidakpastian random.

### **Ketidakpastian Pengamatan**

Ketidakpastian pengamatan merupakan ketidakpastian pengukuran yang bersumber dari kekurangterampilan manusia saat melakukan kegiatan pengukuran. Misalnya, metode pembacaan skala tidak tegak lurus (paralaks), salah dalam membaca skala, dan pengaturan atau pengesetan alat ukur yang kurang tepat.

## **D. Melaporkan Hasil Pengukuran**

Pengukuran tunggal dalam kegiatan eksperimen sebenarnya dihindari karena menimbulkan ketidakpastian yang sangat besar. Akan tetapi, terdapat alasan tertentu yang mengharuskan suatu pengukuran hanya dapat dilakukan sekali saja. Misalnya, mengukur selang waktu kelahiran bayi kembar, atau mengukur kecepatan sepeda motor yang lewat.

Umumnya, secara fisik mata manusia masih mampu membaca ukuran hingga pada skala terkecil walaupun kerap kali mengalami kesulitan untuk ukuran yang kurang dari skala terkecil. Pembacaan ukuran yang kurang dari skala terkecil merupakan taksiran yang sangat berpeluang memunculkan

ketidakpastian. Mengacu pada logika berpikir demikian, maka lahirlah pandangan bahwa penulisan hasil pengukuran dilakukan hingga setengah dari skala terkecil. Namun, ada juga kelompok lain yang berpandangan bahwa membaca hingga skala terkecil sudah merupakan taksiran. Karena itu, penulisan hasil pengukuran paling teliti adalah sama dengan skala terkecil.

### Skala Terkecil Jangka Sorong

Skala terkecil jangka sorong bergantung pada pembagian skala nonius. Hal ini dapat dilihat pada rahang geser. Ada beberapa model jangka sorong yang terdapat di pasaran. Jenis pertama, apabila rahang geser terdapat 11 garis/strip, berarti setiap 1 mm skala utama dibagi menjadi 10 skala nonius. Dengan demikian, skala terkecil nonius =  $1 \text{ mm} : 10 = 0,1 \text{ mm}$ . Jenis kedua, apabila pada rahang geser terdapat 21 garis/strip. Berarti 1 mm skala utama di bagi 20 skala nonius, sehingga skala terkecilnya adalah  $1 \text{ mm} : 20 = 0,05 \text{ mm}$ .

### Skala Terkecil Mikrometer Skrup

Sebagaimana pada jangka sorong, skala terkecil mikrometer skrup juga tidak bermanfaat untuk dihafalkan karena bergantung pada pembagian skala utama oleh skala nonius pada rahang putarnya. Rahang putar mikrometer sekrup membagi 1 mm skala utama menjadi 100 skala nonius (diperoleh dari 2 putaran  $\times$  50 skala nonius). Berarti skala terkecil mikrometer sekrup =  $1 \text{ mm} : 100 = 0,01 \text{ mm}$ .

## E. Angka Penting

Suatu alat ukur menunjukkan bahwa panjang suatu benda adalah melebihi 9,2 cm. Jika skala pada alat ukur diperhatikan lebih teliti, tampak bahwa ujung benda berada kira-kira di tengah-tengah skala 9,2 cm dan 9,3 cm. Dengan demikian, jika kita mengikuti aturan penulisan hasil pengukuran hingga setengah skala terkecil, panjang benda tersebut dapat ditulis 9,25 cm. Angka terakhir (angka 5) merupakan angka taksiran, karena terbacanya angka tersebut hanyalah dari hasil menaksir atau memperkirakan. Berarti hasil pengukuran 9,25 cm terdiri atas dua angka pasti, yakni angka 9 dan angka 2, dan satu angka taksiran, yakni angka 5. Angka-angka hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan angka taksiran disebut *angka penting*.

Seandainya tepi benda berada tepat pada garis 9,2 cm, hasil pengukuran harus ditulis 9,20 cm bukan 9,2 cm. Alasannya adalah penulisan angka nol pada 9,20 cm menunjukkan bahwa hasil pengukurannya tidak kurang dan tidak lebih dari 9,2 cm dan angka 2 masih merupakan angka pasti. Bila hanya ditulis 9,2 cm, angka 2 merupakan angka taksiran. Karena memberikan

informasi makna tertentu. Karena itu, angka nol pada 9,20 termasuk angka penting.

Penulisan angka nol pada angka penting ternyata memberikan implikasi yang amat berharga. Untuk mengidentifikasi apakah suatu angka tertentu termasuk angka penting atau bukan, dapat dipelajari beberapa kriteria berikut ini.

- Semua angka bukan nol termasuk angka penting (4,42 memiliki tiga angka penting).
- Semua angka nol yang tertulis setelah titik desimal termasuk angka penting (3,80 memiliki tiga angka penting, 12,00 memiliki empat angka penting).
- Angka nol yang tertulis di antara angka-angka penting (angka-angka bukan nol), juga termasuk angka penting (105 memiliki tiga angka penting, 30,20 memiliki empat angka penting).
- Angka nol yang tertulis sebelum angka bukan nol dan hanya berfungsi sebagai penunjuk titik desimal tidak termasuk angka penting (0,6 memiliki satu angka penting; 0,0450 memiliki tiga angka penting).

Sebagai contoh: suatu pengukuran menunjukkan hasil 123.000 meter, berapakah angka pentingnya? Untuk menjawab pertanyaan ini dapat digunakan 2 cara, yaitu

- titik desimal diubah menjadi satuan sehingga diperoleh 123 km (terdiri atas tiga angka penting); atau 123,000 km (terdiri atas enam angka penting);
- ditulis dalam bentuk notasi baku, yakni  $1,23 \times 10^5$  m (terdiri atas tiga angka penting);  $1,23000 \times 10^5$  m (terdiri atas enam angka penting).

Jumlah angka penting dalam penulisan hasil pengukuran dapat dijadikan indikator tingkat ketelitian pengukuran yang dilakukan. Semakin banyak angka penting yang dituliskan, berarti pengukuran yang dilakukan semakin teliti. Berikut beberapa contoh penulisan hasil pengukuran dengan memperhatikan angka penting.

<b>Angka Penting</b>				
Satu angka penting	4	0,6	0,003	$0,01 \times 10^{-8}$
Dua angka penting	12	1,0	0,020	$0,30 \times 10^3$
Tiga angka penting	212	2,34	0,0456	$4,01 \times 10^2$
Empat angka penting	5000	5,000	0,5000	$5,005 \times 10^6$



### Perhitungan dengan Angka Penting

Setelah mencatat hasil pengukuran dengan tepat, diperoleh data-data kuantitatif yang mengandung sejumlah angka-angka penting. Sering angka-angka tersebut harus dijumlahkan, dikurangkan, dibagi, atau dikalikan. Pada saat mengoperasikan angka-angka penting hasil pengukuran, hasil yang didapatkan melalui perhitungan tidak mungkin memiliki ketelitian melebihi ketelitian hasil pengukuran.

- Penjumlahan dan Pengurangan  
Apabila angka-angka penting dijumlahkan atau dikurangkan, hasil penjumlahan atau pengurangan tersebut memiliki ketelitian sama dengan ketelitian angka-angka yang dijumlahkan atau dikurangkan  
Contoh:

$$\begin{array}{r} 45,121 \\ 3,22 \\ \frac{2,1}{50,441} + \end{array}$$

Bila hasil tersebut ditulis 50,4, tingkat ketelitiannya hingga sepersepuluh dengan jumlah angka penting 3. Jika hasilnya ditulis 50,44, ketelitiannya mencapai seperseratus dengan 4 angka penting. Jika hasil penjumlahan dituliskan 50,441, ketelitiannya adalah seperseribu dengan jumlah angka penting 5.

- Perkalian dan Pembagian  
Apabila angka-angka penting dikalikan atau dibagi, jumlah angka penting pada hasil operasi pembagian atau perkalian paling banyak sama dengan jumlah angka penting terkecil dari bilangan-bilangan yang dioperasikan.  
Contoh:  
 $4,22 \text{ cm} \times 2,1 \text{ cm} = 8,862 \text{ cm}^2$ , ditulis  $8,8 \text{ cm}^2$

### Aturan Pembulatan Angka-Angka Penting

Untuk membulatkan angka-angka penting, ada beberapa aturan yang harus kita ikuti.

- Angka kurang dari 5 dibulatkan ke bawah (ditiadakan) (contoh: 56,84 dibulatkan menjadi 56,8);
- Angka lebih dari 5 dibulatkan ke atas (contoh: 56,88 dibulatkan menjadi 56,9);
- Angka 5 dibulatkan ke atas bila angka sebelumnya ganjil dan ditiadakan bila angka sebelumnya genap (contoh: 25,75 dibulatkan menjadi 25,8; 25,65 dibulatkan menjadi 25,6).

Contoh:

$$12,442 + 3,232 + 5,61 = 19,284? \quad \text{Ditulis } 19,28$$

$$4,23 \times 2,1 = 8,883? \quad \text{Ditulis } 8,9$$

### Latihan

1. Apakah yang dimaksud dengan pengukuran?
2. Mengapa alat ukur harus dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan dalam kegiatan pengukuran?.
3. Mengapa pada hasil penjumlahan nilai 0,004 dihilangkan, sedangkan pada hasil perkalian nilai 0,083 dibulatkan menjadi 0,1?

### Rangkuman

1. Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis.
2. Ketelitian menyatakan derajat kepastian hasil suatu pengukuran, sedangkan ketepatan menggambarkan seberapa tepat hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya.
3. Sumber utama ketidakpastian pengukuran adalah ketidakpastian sistematis, ketidakpastian random, dan ketidakpastian pengamatan.
4. Angka penting adalah angka-angka hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan angka taksiran.

## Lembar PowerPoint 2.3



### PENGUKURAN

#### Pertanyaan

- Jelaskan pentingnya pengukuran dalam fisika!

#### Kompetensi Dasar

- menganalisis konsep besaran, satuan, dan pengukuran.

#### Indikator

- menjelaskan pengertian pengukuran,
- mengidentifikasi sumber-sumber kesalahan pengukuran,
- menentukan ketelitian dan akurasi pengukuran,
- menuliskan hasil pengukuran dengan benar,
- menjelaskan hasil pengukuran berdasarkan angka penting,
- mengoperasikan angka penting, dan
- melakukan pengukuran panjang, massa, waktu, temperatur, ketebalan kertas, berat, dan volume dengan menggunakan alat ukur yang sesuai.

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Dasar-Dasar pengukuran
- Diskusi dan eksperimentasi
- *Group to Group Exchange*
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Kerja Individual
- Refleksi

#### Pengukuran

- Kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran lainnya yang sejenis

#### Pengukuran

- Hendaknya menggunakan alat ukur yang sesuai
- Hendaknya melakukan prosedur pengukuran dengan benar
- Hendaknya menghindari kesalahan-kesalahan pengukuran

#### Diskusi dan Eksperimentasi

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 6 kelompok.
- Kelompok 1 dan 2 mengerjakan LK 2.1.A, kelompok 3 dan 4 mengerjakan LK 2.1.B, dan kelompok 5 dan 6 mengerjakan LK 2.1.C.
- Gunakan lembar uraian materi 2.2

### *Group to Group Exchange*

- Perwakilan kelompok secara bergantian mempresentasikan hasil diskusinya
- Kelompok yang lain menanggapi

### Ketelitian dan Akurasi Pengukuran

- Ketelitian atau presisi menyatakan derajat kepastian suatu hasil pengukuran
- Ketepatan atau akurasi menggambarkan seberapa tepat hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya

### Sumber Ketidakpastian Pengukuran

- Ketidakpastian sistematis
- Ketidakpastian random
- Ketidakpastian pengamatan

### Angka Penting

- Angka penting merupakan angka-angka hasil pengukuran yang terdiri dari angka pasti dan angka taksiran

### Tanya Jawab

- Kemukakan hal-hal yang belum jelas tentang pengukuran

### Refleksi

- Salah satu angka-angka hasil pengukuran yang terdiri dari angka pasti dan angka taksiran

### Tindak Lanjut

- Kerjakan soal-soal latihan GLB yang lain
- Mempelajari materi untuk pertemuan berikutnya

### Selamat Belajar

## Lembar Penilaian 2.4



### A. Tes Tulis

1. Apakah yang dimaksud dengan pengukuran? Mengapa pengukuran harus menggunakan satuan baku?
2. Sebutkan dan jelaskan tiga sumber ketidakpastian pengukuran?
3. Empat orang melakukan pengukuran panjang menggunakan mistar dengan skala terkecil 1 mm, hasilnya tertera pada tabel di bawah. Manakah di antara penulisan hasil di bawah ini yang salah? Acuan manakah yang digunakan? Mengapa?

Nama mahasiswa	Hasil pengukuran
Nana Y	32,5 mm
Iwan K	32,0 mm
Andi M	32,7 mm
Dewi D	32 mm

4. Seseorang mengukur panjang pulpen menggunakan mistar yang banyak beredar di pasaran dengan skala terkecil 1 mm. Ternyata skala yang ditunjuk tepat pada angka 14. Apabila menggunakan aturan setengah skala terkecil, maka panjang pulpen tersebut seharusnya ditulis 14 cm; 14,0 cm, 14,00 cm ataukah 14,05 cm? Berikan penjelasan! Tunjukkan pula manakah pada hasil tersebut yang menunjukkan angka pasti dan angka taksiran!
5. Seseorang melakukan pengukuran panjang, lebar, dan tinggi suatu balok menggunakan alat ukur yang berbeda-beda, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:
  - a. panjang      20,5 cm
  - b. lebar         5,1 cm
  - c. tinggi        2,00 cm
 Tentukan volume balok tersebut!

### Pedoman Penilaian

Skor maksimal untuk tiap-tiap nomor 20 sehingga jika mahasiswa-mahasiswi menjawab semua soal dengan benar, mahasiswa-mahasiswi tersebut memperoleh total skor 100. Kualifikasi ketercapaian kompetensi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi
90 - 100	Sangat Baik
80 - 89	Baik
65 - 79	Cukup
55 - 64	Kurang
10 - 54	Sangat Kurang

## B. Tes Kinerja

Lakukanlah pengukuran terhadap diameter luar dan diameter dalam pipa serta massanya dengan menggunakan jangka sorong dan neraca lengan!

### Lembar Penilaian Kinerja

- Mengukur diameter pipa dengan jangka sorong

No	Elemen kinerja	Dilakukan	Tidak dilakukan
1.	Meletakkan benda pada rahang dengan benar, yakni mengukur diameter dalam menggunakan rahang atas mengukur diameter luar menggunakan rahang bawah		
2.	Mengunci rahang geser dengan skrup pengunci ketika posisi benda sudah akurat		
3.	Membaca skala secara tegak lurus		
4.	Memastikan bahwa hasil pembacaan skala benar		
5.	Mengecek kebenaran penulisan skala hasil pengukuran		
6.	Selalu menyertakan satuan yang sesuai		
7.	Mengembalikan posisi nol alat setelah digunakan		

- Mengukur massa pipa dengan neraca lengan

No	Elemen kinerja	Dilakukan	Tidak dilakukan
1.	Menguji dan mengupayakan kesetimbangan neraca sebelum digunakan		
2.	Meletakkan benda pada tempat yang benar secara hati-hati		
3.	Memindahkan anak timbangan secara hati-hati dan logis		
4.	Membaca skala secara tegak lurus		
5.	Memastikan bahwa pembacaan skala benar		
6.	Mengecek kebenaran penulisan skala hasil pengukuran benar		
7.	Selalu menyertakan satuan yang sesuai		
8.	Mengembalikan posisi nol alat setelah digunakan		

Tabel Rubrik Penilaian Kinerja

Kriteria	Angka	Huruf
Semua elemen kinerja dilakukan dengan benar, seksama & akurat	86-100	A
Peserta mampu melaksanakan 75% dari elemen kinerja dengan baik (5-6 elemen)	71-85	B
Peserta hanya mampu melaksanakan 50% dari elemen kinerja dengan baik (3-4 elemen)	46-70	C
Hanya sebagian kecil elemen yang dikerjakan (1-2 elemen saja dikerjakan)	0-45	K

## Daftar Pustaka

Djonoputro, B.D., 1984. *Teori Ketidakpastian*. Edisi kedua. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.

Giancoli, D.C., 1998. *Physics*. Terjemahan: Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga.

Suryati., Widodo, W., Sudiby, dan Soegino. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: Unesa University Press.

## Paket 3

# GERAK LURUS BERATURAN

## Pendahuluan



Pada paket 3 ini dibahas gerak suatu benda pada lintasan lurus dengan kecepatan konstan yang lebih dikenal dengan gerak lurus beraturan (GLB). Konsep ini merupakan konsep dasar kinematika. Penguasaan materi pada paket ini merupakan prasyarat untuk mempelajari materi gerak yang lain yakni gerak lurus berubah beraturan (GLBB) pada paket berikutnya.

Dalam paket perkuliahan ini, mahasiswa-mahasiswi diajak untuk melakukan eksperimen dengan panduan LK. Melalui kegiatan eksperimen ini, diharapkan mahasiswa - mahasiswi dapat membangun pemahamannya tentang konsep gerak lurus beraturan, konsep perpindahan dan jarak.

Untuk kelancaran kegiatan perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi dapat diminta untuk membantu mempersiapkan berbagai bahan dan alat eksperimen gerak lurus beraturan seperti *ticker timer* dan sebagainya. Selain itu, pemberian garis-garis besar materi sebelum perkuliahan dimulai akan lebih mempermudah tercapainya tujuan tersebut.



## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa dan mahasiswi dapat menerapkan konsep kinematika gerak lurus.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian gerak lurus beraturan (GLB),
2. membedakan pengertian jarak dan perpindahan,
3. membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan,
4. menghitung kelajuan rata-rata suatu benda,
5. menghitung kecepatan rata-rata suatu benda,
6. mendeskripsikan hubungan jarak, kecepatan dan selang waktu GLB, dan
7. menerapkan konsep gerak lurus untuk memecahkan masalah kinematika.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Gerak Lurus Beraturan
2. Jarak dan Perpindahan
3. Kelajuan dan Kecepatan
4. Hubungan Jarak, Kecepatan dan Selang Waktu dalam Gerak Lurus Beraturan
5. Penerapan Gerak Lurus Beraturan dalam Permasalahan Sehari-hari

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 3.1
2. Lembar Uraian Materi 3.2
3. Lembar *PowerPoint* 3.3
4. Lembar Penilaian 3.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
4'	<b>Kegiatan Awal</b> 1. Dosen memberikan motivasi, dengan cara mendemonstrasikan mobil mainan sehingga mobil mainan tersebut berpindah tempat. Dosen mengajukan pertanyaan. Apakah yang dimaksud dengan gerak? Bagaimana fisika dapat menggambarkan gerak sebuah benda?	Demonstrasi dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 3.3
2'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 3.3
4'	3. Dosen membagi kelas menjadi beberapa kelompok yang beranggotakan 3 sampai 5 orang.	Ceramah	
20'	<b>Kegiatan Inti</b> 1. Mahasiswa-mahasiswi bekerja secara kelompok sesuai dengan kelompok yang telah dibentuk dengan panduan LK 3.1 dan uraian materi 3.2.	Diskusi Kelompok	Lembar Kegiatan 3.1. Uraian Materi 3.2
15'	2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil kegiatannya pada teman-teman sekelas. Kelompok lain menanggapi.	Presentasi	
15'	3. Dosen memberikan penguatan tentang GLB dan aplikasinya.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 3.3
15'	4. Mahasiswa-mahasiswi bertanya jawab tentang GLB dengan dosen.	Tanya Jawab	
15'	5. Mahasiswa-mahasiswi berlatih menyelesaikan masalah GLB.	Kerja Individu	Lembar Penilaian 3.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen bersama-sama dengan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi materi dan kegiatan perkuliahan yang telah dilaksanakan.	Presentasi	

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Tindak lanjut</b> Dosen menugas mahasiswa- mahasiswi untuk mengerjakan soal- soal latihan serta mengingatkan materi yang akan dibahas pada pertemuan berikutnya.	Penugasan	Lembar Penilaian 3.4

## Lembar Kegiatan 3.1



# GERAK LURUS BERATURAN

### Pengantar

Pada kegiatan ini, mahasiswa - mahasiswi akan melakukan eksperimen tentang gerak lurus beraturan dengan menggunakan mobil mainan dan *ticker timer*. Kegiatan ini penting karena akan memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk mengamati secara langsung, bahkan mengalami bagaimana suatu benda bergerak dalam suatu lintasan tertentu. Selain itu, kegiatan ini memberikan pengalaman belajar yang berbeda pada mahasiswa - mahasiswi sehingga kegiatan perkuliahan yang dilaksanakan menjadi lebih bermakna dengan dikuasainya konsep-konsep yang terkait.

### Tujuan

Mahasiswa - mahasiswi akan melakukan berbagai kegiatan yang berhubungan dengan gerak lurus beraturan.

### Alat dan Bahan

1. *Ticker timer*
2. Mobil mainan (*remote control*)
3. Pita ketik
4. Kertas karton warna

### Langkah Kegiatan

1. Letakkan *ticker timer* di atas meja datar dan jepitlah dengan penjepit!
2. Hubungkan satu daya ke aliran listrik lalu hubungkan dengan *ticker timer*!
3. Masukkan salah satu ujung pita ketik (panjangnya  $\pm 1,5$  meter) di bawah cakram kertas karbon, sedangkan ujung yang lain letakkan ke mobil mainan!
4. Hidupkan satu daya. Jalankan mobil mainan remote tersebut menjauhi *ticker remote timer* (usahakan kecepatan mobil stabil)!
5. Buatlah tanda pada pita ketik setiap 10 ketikan. Kemudian potong pita ketik tersebut di tiap tanda dengan gunting dan beri nomor untuk setiap potongannya.
6. Tempelkan potongan-potongan pita sesuai dengan nomor urut pada karton warna mulai dari tepi kanan karton dan gunakan tepi karton sebagai sumbu koordinat!
7. Setiap potongan pada grafik tersebut menyatakan kelajuan sesaat mobil mainan tersebut.
8. Tentukan kelajuan mobil mainan tersebut untuk berbagai selang waktu!

## Lembar Kegiatan 1.1.B



# BESARAN DAN SATUAN

### Pengantar

Salah satu kompetensi yang harus dikuasai oleh seorang guru IPA MI adalah menjelaskan materi besaran dan satuan yang meliputi dimensi suatu besaran, besaran vektor dan besaran skalar. Dalam kehidupan sehari-hari, terdapat banyak contoh kejadian yang menggambarkan besaran vektor dan besaran skalar tersebut, baik dalam bentuk penjumlahan maupun pengurangan. Oleh karena itu, pemahaman tentang konsep ini akan lebih mempermudah mahasiswa - mahasiswi untuk mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

### Tujuan

Setelah melakukan kegiatan ini, mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. membedakan antara besaran vektor dan besaran skalar,
2. menggambarkan atau melukiskan resultan beberapa buah vektor,
3. menjumlahkan dan mengurangi besaran vektor,
4. menjelaskan tujuan dan pentingnya analisis dimensi dalam suatu besaran, dan
5. membuat dimensi beberapa besaran turunan.

### Langkah Kegiatan

1. Pelajari materi yang berhubungan dengan topik pada LK 1.2.B dalam kelompok yang telah ditentukan!
2. Untuk lebih mudah dalam mempelajarinya, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:
  - a. Bedakanlah antara besaran vektor dan besaran skalar!
  - b. Jika diketahui vektor  $a$  adalah 5 satuan ke arah kanan, vektor  $b$  adalah 6 satuan ke arah yang sama dan vektor  $c = 8$  satuan ke arah yang berlawanan, berapakah resultan vektor-vektor tersebut?
  - c. Lukiskanlah resultan vektor-vektor yang ditunjukkan pada gambar berikut!
  - d. Apakah yang dimaksud dimensi suatu besaran?

## Uraian Materi 3.2

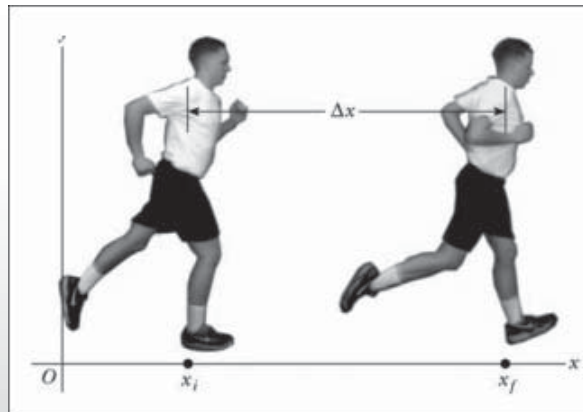


# GERAK LURUS BERATURAN

## A. Pengertian Gerak

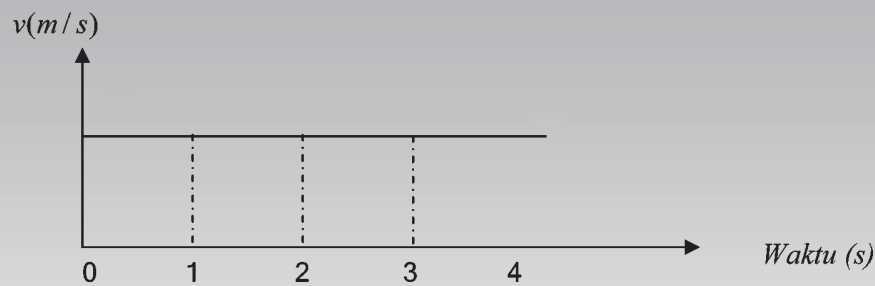
Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering mendengar kata “gerak”, seperti sepeda motor bergerak, mobil bergerak, ular bergerak, akar tanaman bergerak, dan lain-lain. Suatu benda dikatakan bergerak apabila kedudukannya berubah terhadap acuan tertentu. Misalnya, Anda sedang berdiri di *halte*, dan melihat sebuah mobil A bergerak meninggalkan halte tersebut. *Halte* Anda tentukan sebagai acuan, mobil A dikatakan bergerak terhadap *halte*. Penumpang mobil A tidak bergerak terhadap mobil A karena kedudukan penumpang tersebut setiap saat tidak berubah terhadap mobil A. Setelah mobil A berjalan di jalan raya, suatu saat mobil akan berbelok ke kiri, bergerak lurus lagi, berbelok ke kanan, lurus lagi, dan seterusnya. Jalan yang dilalui oleh mobil tersebut di sebut lintasan. Lintasan dapat berbentuk lurus, melengkung, atau tak beraturan.

Gambar 3.1 di bawah ini mengilustrasikan bagaimana seseorang bergerak dari satu tempat ke tempat lain. Selama bergerak, orang tersebut telah menempuh jarak sejauh  $\Delta x$  dengan kecepatan dan waktu yang tertentu.



**Gambar 3.1 Seseorang Bergerak dari Suatu Tempat ke Tempat Lain**

Suatu benda yang bergerak pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap dikatakan sedang melakukan gerak lurus beraturan. Hubungan antara kecepatan dan waktu pada gerak lurus beraturan ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.

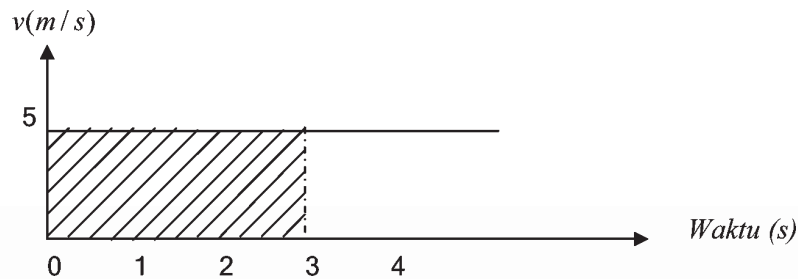


**Gambar 3.2 Hubungan antara Kecepatan dan Waktu**

Berdasarkan grafik tersebut cobalah Anda tentukan berapa besar kecepatan benda pada pada saat  $t=0$  s;  $t=1$  s;  $t=2$  s;  $t = 3$  s?

Tampak dari grafik pada gambar di atas, kecepatan benda sama dari waktu ke waktu, yakni 5 m/s.

Semua benda yang bergerak lurus beraturan akan memiliki grafik  $v - t$ . Anda dapat menghitung jarak yang ditempuh oleh benda dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva bila diketahui grafik ( $v-t$ ). Jarak yang ditempuh = luas daerah yang diarsir pada Gambar 3.3 berikut..



Cara lain untuk menghitung jarak tempuh adalah dengan menggunakan persamaan GLB. Telah Anda ketahui bahwa kecepatan pada GLB dirumuskan:

$$S = v t$$

Dimana:

$s$  = jarak tempuh (m)

$v$  = kecepatan (m/s)

$t$  = waktu tempuh (s)

Berdasarkan Gambar 3.3 di atas diketahui:  $v = 5$  m/s dan  $t = 3$  s  
Dengan demikian, jarak yang ditempuh adalah  $5 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 15 \text{ m}$ .

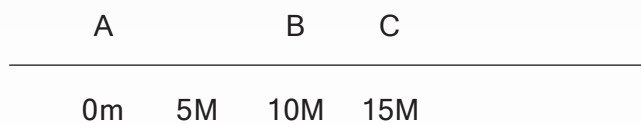
Persamaan GLB tersebut berlaku bila gerak benda memenuhi grafik seperti gambar di atas. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pada saat  $t = 0$  s; maka  $v$

= 0. Artinya, pada mulanya benda diam, kemudian bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Padahal dapat saja terjadi bahwa saat awal kita amati benda sudah dalam keadaan bergerak, sehingga benda telah memiliki posisi  $s_0$ . Untuk keadaan ini, maka persamaan GLB sedikit mengalami perubahan sehingga menjadi:

$$S = S_0 + v t$$

## B. Kedudukan, Jarak dan Perpindahan

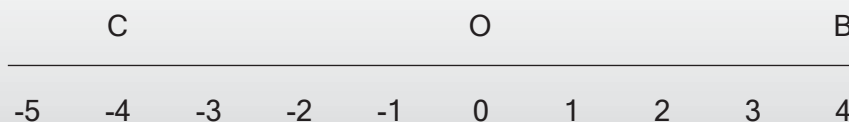
Bayangkan Anda berada di pinggir jalan lurus dan panjang. Posisi Anda saat itu di A.



**Gambar 3.4 Posisi Benda Dalam Sumbu Koordinat**

Dari A, Anda berjalan menuju C melalui B. Sesampainya di C, Anda berbalik dan kembali berjalan lalu berhenti di B. Pada kejadian di atas, berapa jauhkah jarak yang ditempuh? Berapa pula perpindahan Anda? Samakah pengertian jarak dengan perpindahan? Dalam kehidupan sehari-hari kata jarak dan perpindahan dipakai untuk arti yang sama. Dalam fisika, kedua kata itu mengandung arti yang berbeda.

Perhatikan ilustrasi berikut. Sebuah bola digulirkan pada sebuah bidang datar lurus. Posisi bola setiap saat diwakili oleh garis berskala yang disebut sumbu koordinat seperti Gambar 3.5 di bawah ini.



**Gambar 3.5 Bola Digulirkan pada Bidang Datar**

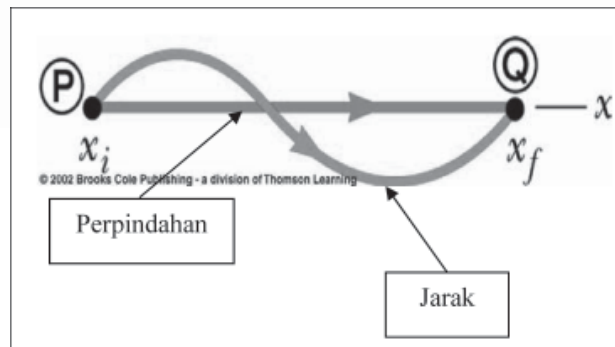
Andaikan ada 2 bola yang digulirkan dari titik O. Bola 1 digulirkan ke kanan dan berhenti di B. Bola 2 digulirkan ke kiri dan berhenti di C. Lihatlah bahwa panjang lintasan yang ditempuh oleh kedua bola sama, yaitu 4 satuan. Namun bila diperhatikan arah gerakannya, kedua bola berpindah posisi ke arah yang



berlawanan. Bola 1 berpindah ke sebelah kanan titik O, sedangkan bola ke 2 ke sebelah kiri titik O.

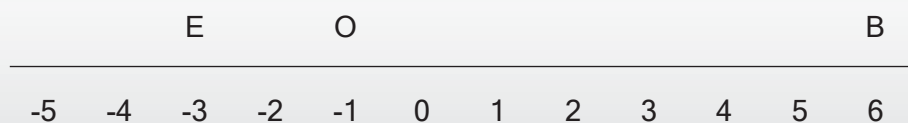
“panjang lintasan yang ditempuh disebut **jarak**, sedangkan perpindahan diartikan sebagai perubahan posisi benda dari keadaan awal ke keadaan akhirnya”.

Jarak tidak mempersoalkan ke arah mana benda bergerak, sedangkan perpindahan tidak mempersoalkan bagaimana lintasan suatu benda yang bergerak. Perpindahan hanya mempersoalkan kedudukan, awal dan akhir benda itu. Jarak adalah besaran skala, sedangkan perpindahan adalah vektor. Dua benda dapat menempuh jarak (panjang=lintasan) yang sama, tetapi mengalami perpindahan yang berbeda seperti pada contoh ini. Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa jarak merupakan besar perpindahan.



Gambar 3.6. Perbedaan Jarak dan Perpindahan

Apabila kemudian ada bola 3 bergerak dari titik O ke kanan, sampai di D lalu balik bergerak ke kiri melewati titik O kemudian berhenti di E, seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini, bagaimanakah jarak dan perpindahannya?



Gambar 3.7 Perubahan Posisi Bola 3

Jarak yang ditempuh bola adalah panjang lintasan ODE = OD + DE, yaitu 6 + 9 = 15 satuan. Sementara perpindahan bola adalah OE (kedudukan awal bola di O, kedudukan akhirnya di E). Jadi  $\Delta s = -3$  satuan.

Tanda minus pada  $\Delta s$  menunjukkan arah perpindahan bola ke kiri dari titik acuan. Perlu dicatat pula bahwa dalam contoh di atas perbedaan antara jarak

dan perpindahan ditandai oleh ada atau tidaknya “arah”, juga oleh “besar” kedua besaran itu (jarak = 15 satuan, perpindahan = 3 satuan). Mungkinkah jarak yang ditempuh oleh suatu benda sama dengan besar perpindahannya?

Untuk benda yang bergerak ke satu arah tertentu, jarak yang ditempuh benda sama dengan besar perpindahannya. Misalnya, bila benda bergerak lurus ke kanan sejauh 5 m, baik jarak maupun besar perpindahannya sama-sama 5 m.

### C. Kelajuan dan kecepatan rata-rata

Dalam ilmu fisika, kelajuan dan kecepatan memiliki pengertian yang berbeda. Kelajuan merupakan besaran skalar, sedangkan kecepatan adalah vektor. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak itu, sedangkan kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu. Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, keduanya dapat ditulis:



kelajuan rata-rata

$$\bar{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

kecepatan rata-rata  
 $v = \frac{S}{\Delta t}$

Keterangan:

$\bar{v}$  = kelajuan rata-rata (m/s)

S = jarak yang ditempuh benda (m)

$\Delta s$  = perpindahan benda (m)

$\Delta t$  = waktu tempuh (s)

Dalam kehidupan sehari-hari, kelajuan dan kecepatan senantiasa berubah-ubah karena berbagai sebab, misalnya, jalanan yang tidak rata. Oleh karenanya kita dapat mengartikan kelajuan dan kecepatan pada dua persamaan di atas sebagai kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata.

### D. Hubungan Jarak, Kecepatan, dan Selang Waktu GLB

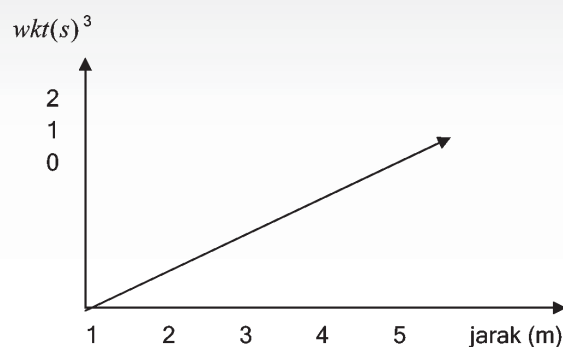
Di jalan tol yang lurus dan datar mungkin kelajuan mobil dapat diusahakan tetap. Contoh tersebut adalah contoh dari gerak lurus beraturan. Lintasan benda yang berupa garis lurus dengan arah gerak yang selalu tetap dapat diganti dengan jarak dan kelajuan tetap dapat diganti dengan kecepatan tetap. Sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tetap akan menempuh jarak yang sama untuk selang waktu  $t$  yang sama. Jadi, jarak sebanding dengan selang waktu yang secara matematis dapat ditulis:  $S = v \cdot t$

Misalnya, mobil berjalan dengan kecepatan tetap 10 m/s, artinya tiap detik mobil akan menempuh jarak 10 m, seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.1**  
**Pengamatan terhadap mobil yang bergerak**

Waktu (s)	0	1	2	3	4	5
Jarak (m)	0	10	20	30	40	50

Dari data pada tabel di atas, dapat dibuat grafik jarak terhadap waktu sebagai berikut.



**Gambar 3.8 Grafik jarak terhadap waktu**

Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa pada gerak lurus beraturan jarak yang ditempuh benda berbanding lurus dengan waktu.

Pada GLB, terdapat dua kejadian yang mungkin terjadi. Keduanya kejadian tersebut adalah sebagai berikut.

Dua benda bergerak searah

Benda A mula-mula berada di depan benda B. Benda B kemudian dapat menyusul benda A. Kecepatan benda B lebih besar daripada kecepatan benda A, ( $V_B > V_A$ ). Perhatikan gambar di bawah ini!



**Gambar 3.9 Benda bergerak dengan arah yang sama**

- Dua benda bergerak berlawanan arah

Benda A dan benda B semula terpisah pada jarak  $s$ . Kedua benda akan bertemu atau berpapasan pada titik tertentu dan waktu tertentu. Perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar 3.10 Benda bergerak dengan arah yang sama

### Latihan

1. Bedakanlah antara jarak dan perpindahan serta kecepatan dan kelajuan!.
2. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan tetap 36 km/jam. Berapa meterkah jarak yang ditempuh mobil itu selama bergerak 10 menit?
3. Diketahui jarak dari kota Angsa ke kota Bebek adalah 70 km. Agus dan Donal berniat untuk menghadiri sebuah pesta yang dilaksanakan di kota Baru yang berada di antara kota Angsa dan kota Bebek. Agus berangkat dari kota Angsa, sedangkan Donal berangkat dari kota Bebek dengan masing-masing kecepatan 10 km/jam dan 5 km/jam. Kapanakah Agus dan Donal bertemu? Berapakah jarak dari kota Bebek ke kota Baru?

### Rangkuman

1. Gerak adalah perubahan posisi suatu benda terhadap acuan tertentu. Gerak bersifat relatif.
2. Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda, sedangkan perpindahan adalah perubahan posisi suatu benda dari kedudukan awal ke kedudukan akhirnya.
3. Kelajuan adalah jarak yang ditempuh suatu benda dibagi selang waktu atau waktu untuk menempuh jarak itu, sedangkan kecepatan adalah perpindahan suatu benda dibagi selang waktu. Kelajuan termasuk besaran skalar dan kecepatan termasuk dalam besaran vektor.

## Lembar PowerPoint 3.3



### GERAK LURUS BERATURAN

#### Demonstrasi

- Perhatikan demonstrasi berikut ini!
  - Apakah yang dimaksud dengan gerak?
  - Bagaimana fisika dapat menggambarkan gerak sebuah benda?

#### Kompetensi Dasar

Menerapkan konsep kinematika gerak lurus beraturan

#### Indikator

- Membedakan pengertian jarak dan perpindahan.
- Membedakan pengertian kelajuan dan kecepatan.
- Menghitung kelajuan rata-rata suatu benda.
- Menghitung kecepatan rata-rata suatu benda.
- Menjelaskan hubungan jarak, kecepatan dan selang waktu GLB.
- Membedakan dua benda GLB yang bergerak sejajar dan berdekatan.

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi Kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Kerja Individual
- Refleksi

#### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 6 kelompok.
- Setiap kelompok berdiskusi dengan panduan LK 3.1 dan Uraian materi 3.2

### Presentasi

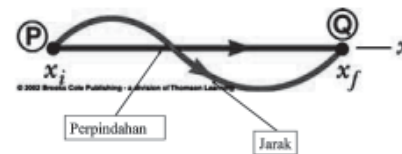
- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi
- Kelompok lain menanggapi

### GERAK LURUS BERATURAN

- Gerak → perubahan kedudukan/posisi suatu benda terhadap acuan tertentu.
- Gerak bersifat relatif.
- Gerak pada lintasan lurus dengan kecepatan tetap → Gerak Lurus Beraturan.

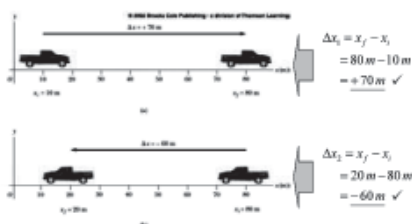
### Jarak dan Perpindahan

- Jarak → panjang lintasan yang ditempuh oleh benda yang bergerak.
- Perpindahan → perubahan posisi suatu benda dari kedudukan awal ke kedudukan akhirnya.
- Jarak → skalar, perpindahan → vektor



### Contoh Perpindahan

- Perpindahan → perubahan posisi
- dinyatakan dengan  $\Delta x$  atau  $\Delta y$



### Kelajuan dan Kecepatan

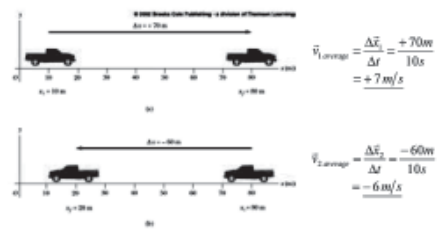
- Kelajuan → jarak tempuh suatu benda per satuan waktu.  
Besaran skalar
- Kecepatan → perpindahan suatu benda per satuan waktu.  
Besaran vektor

### Kecepatan rata-rata

- Dirumuskan dengan  $\vec{v}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{\Delta t}$
- Merupakan vektor, yang memiliki arah yang sama dengan arah perpindahan

### Contoh:

Gambar berikut menunjukkan 2 buah mobil yang menempuh jarak tertentu Selama 10 detik



### Tanya Jawab

- Kemukakan hal-hal yang belum jelas tentang pengukuran

### Kerja Individu

- Kerjakan soal-soal pada lembar penilaian

### Refleksi

- Salah satu angka-angka hasil pengukuran yang terdiri dari angka pasti dan angka taksiran

### Tindak Lanjut

- Kerjakan soal-soal latihan GLB yang lain
- Mempelajari materi untuk pertemuan berikutnya

## Lembar Penilaian 3.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gerak lurus beraturan!
2. Apakah perbedaan antara antara jarak dan perpindahan?
3. Apakah yang dimaksudkan dengan kecepatan rata-rata?
4. Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan tetap 36 km/jam. Berapa meterkah jarak yang ditempuh mobil itu selama bergerak 10 menit?
5. Arman berlari ke timur sejauh 20 m selama 6 s lalu berbalik ke barat sejauh 8 m dalam waktu 4 s. Hitung kelajuan rata-rata ( $\bar{v}$ ) dan kecepatan rata-rata Arman!
6. Sebuah perahu didayung sehingga melaju dengan percepatan tetap 2 m/s<sup>2</sup>. Apabila perahu bergerak dari keadaan diam, tentukan kecepatan perahu setelah perahu bergerak selama: 1 s; 2 s; 3 s!
7. Sebuah sepeda motor bergerak lurus di jalan datar dan sepi dengan kecepatan 72 km/jam. Tentukan:
  - a. jarak (m) yang ditempuh sepeda motor dalam 1 menit!
  - b. waktu yang dibutuhkan sepeda motor untuk mencapai jarak 10 meter!
8. Dua buah mobil terpisah sejauh 100 m. Mobil A bergerak ke utara dengan kecepatan 5m/s sedang mobil B bergeak ke selatan dengan kecepatan 15 m/s. Berapakah waktu yang diperlukan kedua mobil untuk berpapasan dihitung dari waktu berangkatnya?

### Pedoman Penilaian

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi
90 - 100	Sangat Baik
80 - 89	Baik
65 - 79	Cukup
55 - 64	Kurang
10 - 54	Sangat Kurang



## Daftar Pustaka

Djonoputro, B.D., 1984. *Teori Ketidakpastian*. Edisi kedua. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.

Giancoli, D.C., 1998. *Physics*. Terjemahan: Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga.

Suryati., Widodo, W., Sudibyo., Soegino. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: Unesa University Press.

## Paket 4

# PENGUKURAN

## Pendahuluan



Materi yang dibahas dalam paket ini merupakan kelanjutan dari paket sebelumnya (gerak lurus beraturan). Fokus utama dalam paket ini adalah adanya perubahan kecepatan (percepatan dan perlambatan) dan gerak vertikal.

Perkuliahan paket ini akan diawali dengan pemberian motivasi dengan cara melakukan tanya jawab untuk menggali pengetahuan awal mahasiswa-mahasiswi mengenai gerak lurus berubah beraturan. Selanjutnya, mahasiswa-mahasiswi melakukan eksperimen secara berkelompok dengan menggunakan mobil mainan dan *ticker timer* untuk mengamati terjadinya gerak lurus berubah beraturan sesuai dengan LK 4.1. Mahasiswa-mahasiswi mempresentasikan hasil eksperimen, yang ditanggapi oleh mahasiswa-mahasiswi lainnya. Dosen memberikan penguatan konsep dan memberikan kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk menanyakan hal-hal yang belum dipahami. Berikutnya dilakukan curah pendapat untuk mengaitkan gerak jatuh bebas dengan GLBB.

Penguasaan konsep-konsep pada paket sebelumnya (paket 3) secara tuntas akan sangat mendukung keberhasilan perkuliahan pada paket ini. Dengan demikian, pemberian tugas-tugas awal ataupun uraian materi sebelum tatap muka juga perlu dilakukan sehingga mahasiswa-mahasiswi telah memiliki gambaran tentang konsep yang akan dipelajari. Perkuliahan juga membutuhkan peralatan *ticker timer* dan peralatan lain yang perlu dipersiapkan sebelum perkuliahan dimulai.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menerapkan konsep kinematika gerak lurus.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian gerak lurus berubah beraturan,
2. mendeskripsikan terjadinya gerak yang mengalami percepatan dan perlambatan,
3. menghitung percepatan suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan,
4. menghitung kecepatan akhir suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan, dan
5. menghitung jarak yang ditempuh oleh benda yang bergerak lurus berubah beraturan.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)
2. Percepatan dan Perlambatan
3. Gerak Vertikal

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 4.1
2. Lembar Uraian Materi 4.2
3. Lembar *PowerPoint* 4.3
4. Lembar Penilaian 4.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
4'	1. Dosen memberikan motivasi, dengan cara memberikan pertanyaan untuk menggali pengetahuan awal mahasiswa-mahasiswi, sekaligus mengaitkan antara pengetahuan awal tersebut dengan materi yang akan dipelajari. Apakah gerak benda dalam kehidupan sehari-hari merupakan GLB? Bagaimana gerak ini dapat dijelaskan?	Tanya Jawab	Slide <i>PowerPoint</i> 4.3
2'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	Slide <i>PowerPoint</i> 4.3
4'	3. Dosen membagi kelas menjadi beberapa kelompok heterogen yang beranggotakan 3-5 orang.	Ceramah	
	<b>Kegiatan Inti</b>		
25'	1. Mahasiswa-mahasiswi bekerja secara kelompok sesuai dengan kelompok yang telah dibentuk dengan panduan LK 4.1 dan uraian materi 4.2.	Eksperimen	LK 4.1 dan Uraian Materi 4.2
15'	2. Perwakilan dari salah satu kelompok mempresentasikan hasil kegiatannya pada teman-teman sekelas. Kelompok lain menanggapi dengan memberikan tambahan atau pertanyaan.	Presentasi	
15'	3. Dosen memberikan penegasan konsep gerak lurus berubah beraturan.	Ceramah	Slide <i>PowerPoint</i> 4.3
5'	4. Mahasiswa-mahasiswi diminta melakukan curah pendapat tentang	Curah Pendapat	Uraian Materi 4.2

1	2	3	4
20'	<p>hubungan antara gerak jatuh bebas dengan GLBB.</p> <p>5. Dosen memberikan penguatan konsep jatuh bebas dan memberikan kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya.</p>	Ceramah dan Tanya Jawab	<p>Uraian Materi 4.2</p> <p>Slide <i>PowerPoint</i> 4.3</p>
5'	<p><b>Kegiatan Penutup</b></p> <p>Dosen bersama-sama dengan mahasiswa - mahasiswi melakukan refleksi materi dan kegiatan perkuliahan yang telah dilaksanakan.</p>	Curah Pendapat	
5'	<p><b>Kegiatan Tindak lanjut</b></p> <p>Dosen menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan soal-soal latihan pada lembar penilaian 4.4 dan dikumpulkan pada pertemuan berikutnya. Dosen juga mengingatkan mahasiswa untuk mempelajari materi yang akan dibahas pada pertemuan berikutnya.</p>	Ceramah	Lembar Penilaian 4.4

## Lembar Kegiatan 4.1



# GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN

### Pengantar

Gerak benda dalam kehidupan sehari-hari kebanyakan merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Menggambarkan dan menyelesaikan permasalahan GLBB tentu saja berbeda dengan GLB yang telah dipelajari pada paket sebelumnya. Melalui kegiatan ini mahasiswa diharapkan dapat memahami fenomena GLBB dan menjelaskannya secara matematis.

### Tujuan

Mahasiswa-mahasisiwi akan melakukan kegiatan yang berhubungan dengan gerak lurus berubah beraturan.

### Alat dan Bahan

1. *Ticker timer*
2. Mobil mainan (*remote control*)
3. Pita ketik
4. Kertas karton warna
5. Balok kayu pengganjal, kira-kira setinggi 15 cm

### Langkah Kegiatan

1. Pasang landasan di atas meja datar dan ganjal salah satu landasan dengan balok kayu!
2. Pasanglah *ticker timer* pada ujung landasan yang paling tinggi!
3. Hubungkan *ticker timer* dengan catu daya!. Masukkan salah satu ujung pita ketik di bawah cakram kertas karton, sedangkan ujung yang lain lekatkan ke mobil atau kereta mainan!
4. Hidupkan catu daya!
5. Jalankan *ticker remote timer* dan lepaskan mobil mainan tersebut menjauhi *ticker timer* (meluncur ke bawah)!
6. Buatlah tanda pada pita ketik setiap 10 ketikan kemudian potong pita ketik tersebut di tiap tanda dengan gunting dan beri nomor untuk setiap potongannya!

7. Tempelkan potongan-potongan pita sesuai dengan nomor urut pada karton warna mulai dari tepi kanan karton dan gunakan tepi karton sebagai sumbu koordinat!
8. Setiap potongan pada grafik tersebut menyatakan kelajuan sesaat mobil mainan tersebut.
9. Tentukan kelajuan pada berbagai saat ketika mobil mainan tersebut berjalan!
10. Tentukan percepatan yang dialami mobil mainan tersebut!
11. Tuliskan hasil pengamatan Saudara pada kertas plano!

## Uraian Materi 4.2



# GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN

## A. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan atau perlambatan tetap. Sebagai contoh adalah gerak mobil pada saat akan berjalan. Mobil semula diam kemudian bergerak perlahan dan semakin cepat. Sementara pada gerak mobil yang akan berhenti, ketika sopir menginjak rem, mobil tidak langsung berhenti, tetapi mobil akan berjalan lambat, semakin lambat akhirnya berhenti.

### Gerak dipercepat (Percepatan)

Mobil yang semula diam mempunyai kecepatan awal nol ( $v_0 = 0$ ) kemudian mengalami peningkatan kecepatan sampai kecepatan tertentu dalam selang waktu  $t = t_2 - t_1$ . Mobil ini mengalami perubahan kecepatan  $v = v_2 - v_1$ .

Percepatan rata-rata dapat dinyatakan:

$$v_t = v_0 + at$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan:  $v_1 = v_0$ ,  $v_2 = v_t$ ,  $t_1 = 0$  dan  $t_2 = t$

Dengan demikian

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad \text{atau} \quad at = v_t - v_0$$

sehingga diperoleh persamaan kecepatan GLBB:

$$v_t = v_0 + at$$

Keterangan:

- $v_t$  = kecepatan akhir (m/s)
- $v_0$  = kecepatan awal (m/s)
- $a$  = percepatan ((m/s<sup>2</sup>))
- $t$  = selang waktu (s)



Selama selang waktu  $t$ , kecepatan benda berubah dari  $v_0$  menjadi  $v_t$  sehingga kecepatan rata-rata benda dapat ditulis:

$$v = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

Karena:  $v_t = (v_0 + a.t)$ , maka

$$v = \frac{v_0 + (v_0 + a.t)}{2}$$

$$v = \frac{2v_0 + at}{2}$$

Karena kecepatan rata-rata dirumuskan dengan  $v = \frac{S}{t}$ , maka diperoleh

persamaan  $\frac{S}{t} = \frac{2v_0 + at}{2}$  atau

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

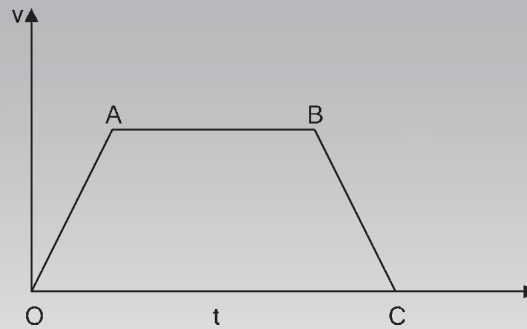
persamaan kecepatan sebagai fungsi jarak

### Gerak diperlambat (Perlambatan)

Gerak lurus diperlambat merupakan salah satu jenis gerak lurus berubah beraturan. Apabila benda bergerak pada lintasan lurus, kelajuannya akan berkurang secara tetap dalam selang waktu tertentu. Pada keadaan ini, benda tersebut bergerak lurus diperlambat. Contoh: mobil yang melaju dengan kecepatan  $v$  tiba-tiba berhenti mendadak untuk menghindari suatu tabrakan. Sebelum berhenti, kecepatan mobil tersebut berkurang secara bertahap.

Persamaan matematis untuk menyelesaikan kasus gerak lurus diperlambat sama dengan persamaan matematis pada gerak lurus dipercepat, hanya nilai percepatannya ( $a$ ) diberi tanda negatif. Tanda negatif menunjukkan bahwa benda yang bergerak tersebut mengalami perlambatan.

Untuk lebih memahami penggunaan persamaan GLBB, perlu diperhatikan perhatikan kasus ini. Sebuah mobil yang semula diam, kemudian melaju dengan percepatan ( $a$ ) sampai kecepatan stabil. Karena ada halangan, kecepatan mobil dikurangi sampai akhirnya mobil berhenti. Kasus ini dapat digambarkan dengan grafik  $t$ - $v$ .



**Gambar 4.1 Grafik kelajuan terhadap waktu**

Pada kurva OA mobil yang semula diam mengalami percepatan ( $a$ ) sampai pada kecepatan tertentu. Kurva AB menggambarkan kecepatan mobil stabil atau mobil bergerak lurus beraturan. Pada kurva BC mobil mengalami perlambatan sampai kecepatan akhir, yakni nol (mobil berhenti).

Jarak total yang ditempuh mobil tersebut adalah sama dengan luas trapezium OABC. Percepatan mobil pada suatu saat sama dengan kemiringan (gradien) kurva OA. Secara matematis dapat dirumuskan:

$$a = \tan \theta$$

sedangkan perlambatan mobil sama dengan kemiringan kurva BC. Secara matematis dirumuskan:

$$a = \tan \theta$$

### Gerak Vertikal

Gerak vertikal termasuk GLBB sehingga persamaan gerak vertikal sama dengan persamaan GLBB. Pernahkah Anda melempar bola ke atas kemudian pada ketinggian tertentu bola tersebut bergerak ke bawah? Pada kasus ini, bola tersebut mengalami GLBB. Ketika dilempar hingga mencapai ketinggian tertentu, bola tersebut telah mengalami perlambatan. Sementara ketika bergerak jatuh ke tanah, bola telah mengalami percepatan.

Percepatan ini disebabkan adanya gaya gravitasi bumi atau disebut percepatan gravitasi ( $g$ ). Percepatan gravitasi arahnya selalu menuju pusat bumi. Jadi gerak vertikal adalah gerak suatu benda pada arah vertikal terhadap tanah yang selama gerakannya benda itu dipengaruhi gaya gravitasi bumi.

Gerak vertikal yang akan kita bahas adalah gerak jatuh bebas yakni gerak vertikal ke atas, dan gerak vertikal ke bawah.

**Gerak Vertikal ke Atas**

Pada kasus bola yang dilempar, pada dasarnya bola mengalami dua fase gerakan. Saat bergerak ke atas bola bergerak GLBB *diperlambat* ( $a=g$ ) dengan kecepatan awal tertentu. Selanjutnya, setelah mencapai ketinggian maksimum bola jatuh bebas yang merupakan GLBB *dipercepat* dengan kecepatan awal nol.

Pada saat benda bergerak naik berlaku persamaan gerak vertikal ke atas sebagai berikut

$$v_t = v_o - gt$$

$$v_t^2 = v_o^2 - 2gh$$

$$h = v_o t - 1/2gt^2$$

**Gerak Vertikal ke Bawah**

Berbeda dengan jatuh bebas, gerak vertikal ke bawah yang dimaksudkan adalah gerak benda-benda yang dilemparkan vertikal ke bawah dengan kecepatan awal tertentu. Jadi, hal ini sama dengan gerak vertikal ke atas, hanya arahnya ke bawah. Dengan demikian persamaan-persamaannya sama dengan persamaan pada gerak vertikal ke atas, dengan mengg *tanda negatif* pada persamaan-persamaan gerak vertikal ke atas menjadi *tanda positif*. Sebab gerak vertikal ke bawah adalah GLBB yang dipercepat dengan percepatan yang sama untuk setiap benda, yakni  $g$ . Pada saat benda bergerak turun berlaku persamaan gerak vertikal ke bawah sebagai berikut.

$$v_t = v_o + gt$$

$$v_t^2 = v_o^2 + 2gh$$

$$h = v_o t + 1/2gt^2$$

**A. Mengukur Percepatan Benda**

Untuk mengukur percepatan benda yang bergerak, dapat di gunakan *ticker timer* yang cara pemakaiannya sudah dijelaskan pada bagian-bagian sebelumnya. Misalnya, kita ingin mengukur percepatan sebuah mobil mainan yang meluncur pada bidang miring. Setelah pita ketik kita hubungkan pada mobil mainan tanpa baterai dan mobil meluncur ke bawah, rekaman data pita *ticker* akan tampak seperti berikut.



Gambar 4.2. Pola-pola pada pita

Anda tentu masih ingat bahwa interval waktu antara dua lubang terdekat adalah 0,02 s, sehingga interval waktu untuk 10 lubang berturut-turut adalah 0,2 s. Untuk mengukur percepatan mobil mainan, kita harus menentukan terlebih dahulu kecepatan awal dan kecepatan akhir mobil mainan untuk selang waktu tertentu. Misalnya, selang waktu tersebut adalah selang waktu menempuh 50 lubang atau 5 x 10 lubang berturut-turut sehingga lamanya waktu tersebut adalah  $\Delta t = 1$  s.



**Gambar 4.3. Pola-pola pada pita**

Jarak  $S_0$  dan  $S_1$  pada gambar di atas diukur dengan menggunakan penggaris mm. Kedua jarak ini ditempuh dalam selang waktu yang sama, yakni 0,2 s (sama dengan waktu untuk 10 lubang), sehingga kita dapatkan kecepatan

awal  $v_0 = \frac{S_0}{t}$  dan kecepatan akhir  $v_1 = \frac{S_1}{t}$ . Perubahan kecepatan ini terjadi

setelah mobil mainan menempuh 50 lubang berturut-turut. Dengan demikian percepatan mobil mainan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan

$$a = \frac{v_1 - v_0}{\Delta t}$$

### Latihan

1. Mobil yang semula diam, kemudian mulai berjalan dengan percepatan  $3 \text{ m/s}^2$ . setelah 10 detik berapa kecepatan mobil tersebut? Berapa jarak yang ditempuhnya (mobil berjalan lurus)?
2. Sebuah bola dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal  $20 \text{ m/s}$  ( $g=10 \text{ m/s}^2$ ). Hitunglah:
  - a) waktu yang dibutuhkan bola untuk sampai pada titik tertinggi!
  - b) Tinggi maksimum yang dicapai bola!
  - c) Waktu total bola berada di udara!

### Rangkuman

1. Gerak lurus berubah beraturan adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan atau perlambatan tetap.
2. Benda yang mengalami percepatan adalah benda bergerak dengan kecepatan yang selalu bertambah, sedangkan perlambatan adalah pengurangan kecepatan suatu benda yang sedang bergerak.

## Lembar PowerPoint 4.3



### GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN



- Apakah gerak benda yang kita temui dalam kehidupan sehari-hari merupakan gerak lurus beraturan?
- Bagaimana gerak benda ini dapat dijelaskan?

### Kompetensi Dasar

Menerapkan konsep kinematika gerak lurus beraturan

### Indikator

- menuliskan pengertian gerak lurus berubah beraturan,
- mendeskripsikan terjadinya gerak yang mengalami percepatan dan perlambatan,
- menghitung kecepatan akhir suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan,
- menghitung percepatan suatu benda yang bergerak lurus berubah beraturan,
- menghitung jarak yang ditempuh oleh benda yang bergerak lurus berubah beraturan.

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Eksperimen
- Presentasi
- Penguatan
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi dan tindak lanjut

### Eksperimen

- Mahasiswa dibagi menjadi 6 kelompok
- Setiap kelompok melakukan eksperimen dengan panduan LK 4.1

### GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN (GLBB)

- Merupakan gerak benda pada lintasan lurus yang mengalami percepatan dan atau perlambatan



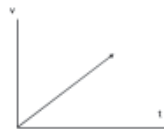
### Contoh GLBB

- Gerak mobil dari keadaan diam menjadi bergerak dengan kecepatan tertentu (dipercepat) atau
- mobil melaju yang direm tiba-tiba (diperlambat)



### Gerak dipercepat

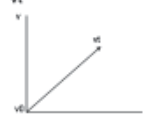
- Adalah benda yang mengalami pertambahan kecepatan
- Perubahan kecepatan, digambarkan dalam



### GLBB

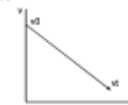
#### Gerak dipercepat

- Gerak benda yang mengalami percepatan
- Dinyatakan dalam grafik vt



#### Gerak diperlambat

- Gerak benda yang mengalami pengurangan kecepatan
- Dinyatakan dalam grafik vt



### Rumusan GLBB

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$v_t = v_0 + at$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

### Curah Pendapat

Bagaimana kaitan antara Gerak Jatuh Bebas dengan GLBB



### Gerak vertikal

- Ada 2:
  1. Gerak vertikal ke atas (perlambatan)
  2. Gerak vertikal ke bawah (percepatan)
- Dipengaruhi gravitasi bumi → percepatan gravitasi (g)

### Persamaan matematis

- Gerak yang mengalami perubahan kecepatan
 
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$v_t = v_0 + at$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$
- Gerak vertikal
 
$$v_t^2 = v_0^2 - 2gh$$

$$v_t = v_0 - gt$$

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$$

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa-mahasiswi diminta menyampaikan pendapatnya tentang perkuliahan

### Tindak lanjut

- Kerjakan di rumah lembar penilaian 4.4, hasil kerja dikumpulkan pada pertemuan berikutnya.
- Bacalah uraian materi 5.2 untuk persiapan perkuliahan berikutnya

## Lembar Penilaian 4.4



### A. Tes Tulis

1. Jelaskan pengertian gerak lurus berubah beraturan!
2. Jelaskan dan berikan contoh-contoh perbedaan GLBB dengan GLB!
3. Bedakanlah suatu benda yang mengalami percepatan dan mengalami perlambatan!
4. Mengapa gerak jatuh bebas dapat dikategorikan sebagai GLBB?
5. Sebuah benda dijatuhkan dari sebuah gedung dengan ketinggian 100 m. Hitunglah waktu yang diperlukan oleh benda untuk mencapai tanah!
6. Sebuah Mobil melaju di jalan tol dengan kecepatan 100 km/jam. Pada jarak 20 m sopir melihat ada seekor sapi sedang melintas. Sopir mengerem sehingga tepat di depan sapi mobil berhenti. Jelaskan perlambatan yang dialami mobil!
7. Benda yang semula diam didorong sehingga bergerak dengan percepatan tetap  $3 \text{ m/s}^2$ . Berapa besar kecepatan benda itu setelah bergerak 5 s?
8. Sebuah bola dilemparkan vertikal dengan kecepatan awal  $10 \text{ m/s}$  dari atas bangunan bertingkat ( $g=10\text{m/s}^2$ ). Bila tinggi bangunan itu 40 m, hitunglah:
  - a) kecepatan benda 1,5 s setelah dilemparkan!
  - b) waktu untuk mencapai tanah!
  - c) kecepatan benda saat sampai di tanah!

### Pedoman Penilaian

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi
90 - 100	Sangat Baik
80 - 89	Baik
65 - 79	Cukup
55 - 64	Kurang
10 - 54	Sangat Kurang



## Daftar Pustaka

Djonoputro, B.D. 1984. *Teori Ketidakpastian*. Edisi kedua. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.

Giancoli, D.C. 1998. *Physics*. Terjemahan: Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga.

Suryati, Widodo, W., Sudiby, dan Soegino. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: Unesa University Press.

## Paket 5

# HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

## Pendahuluan



Perkuliahan pada Paket 5 ini akan difokuskan pada konsep hukum-hukum newton tentang gerak. Paket ini merupakan dasar untuk mempelajari paket berikutnya tentang aplikasi Hukum Newton Tentang Gerak.

Perkuliahan dimulai dengan demonstrasi dan curah pendapat untuk membangun pemahaman terhadap hukum I newton tentang gerak. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan kerja kelompok eksperimentasi dengan panduan LK 5.1.A dan 5.1.B. Setelah dosen memberikan penguatan dan kesempatan bertanya, mahasiswa akan berlatih untuk mengerjakan soal-soal yang terdapat pada lembar penilaian 5.4. Pada akhir perkuliahan mahasiswa diminta merefleksikan jalannya perkuliahan dan mengerjakan soal-soal di rumah.

Perkuliahan ini memerlukan beberapa benda untuk demonstrasi seperti gelas berisi air, koin atau kotak. Demikian juga dengan peralatan eksperimen. Dosen dapat berkoordinasi dengan mahasiswa-mahasiswi agar peralatan yang diperlukan tersedia ketika perkuliahan dilaksanakan.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi dasar

Mahasiswa- mahasiswi mampu menerapkan konsep gaya dan hukum Newton tentang gerak

### Indikator

Pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa dan mahasiswi mampu:

1. menjelaskan gaya dan pengaruhnya pada benda,
2. menjelaskan hukum newton 1 tentang gerak,
3. menjelaskan hukum newton 2 tentang gerak, dan
4. menjelaskan hukum newton 3 tentang gerak.

### Waktu

2 x 50 Menit

### Materi Pokok

1. Hukum Newton 1
2. Hukum Newton 2
3. Hukum Newton 3

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 5.1.A., LK 5.1.B., LK 5.1.C
2. Lembar Uraian 5.2
3. Lembar *PowerPoint* 5.3
4. Lembar Penilaian 5.4
5. Alat dan bahan: LCD dan Komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen mendemonstrasikan tentang mengambil uang kertas yang terletak di bibir meja dan tertindih oleh gelas berisi air. Bagaimana agar uang dapat diambil tanpa menjatuhkan gelas?	Demostrasi Tanya Jawab	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 5.3 Uang kertas Botol
3'	2. Mahasiswa-mahasiswi diberi kesempatan untuk mengungkapkan pendapatnya tentang sebab-sebab uang kertas dapat diambil tanpa menjatuhkan botol aqua.	Curah Pendapat	
5'	3. Dosen menyampaikan pentingnya perkuliahan yang dilaksanakan. 4. Mahasiswa-mahasiswi memperhatikan kompetensi dasar, indikator dan langkah-langkah perkuliahan yang disampaikan oleh dosen.	Ceramah	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 5.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
5'	1. Dosen mendemonstrasikan meluncurkan koin/balok pada permukaan kasar dan halus."Apakah perbedaannya?" "Bagaimana jika permukaan sangat halus?"	Demonstrasi dan Tanya Jawab	Koin/balok papan luncur permukaan kasar permukaan halus
5'	2. Mahasiswa-mahasiswi mengajukan pendapatnya tentang gerak benda.	Curah Pendapat.	
10'	3. Dosen memberikan penjelasan tentang Hukum I Newton tentang Gerak.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 5.3
5'	4. Mahasiswa-mahasiswi diminta membentuk 6 kelompok.	Ceramah	
20'	5. Mahasiswa-mahasiswi diminta untuk bekerja berkelompok. Kelompok ganjil bekerja dengan	Kerja Kelompok	LK 5.1.A LK 5.1.B

1	2	3	4
15'	panduan LK 5.1.A dan kelompok genap dengan panduan LK 5.1.B. 6. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil kerja ditanggapi kelompok lain.	Presentasi	
10'	7. Dosen memberikan penguatan dan memberikan kesempatan bertanya.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide Power-Point 5.3</i>
10'	8. Mahasiswa-mahasiswi diminta mengerjakan beberapa soal pada lembar penilaian 5.4.	Drill Kerja Kelompok	Lembar Penilaian 5.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan tentang gaya.	Curah Pendapat	
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas latihan kepada mahasiswa-mahasiswi dan mengumpulkan pada pertemuan yang akan datang.	Penugasan	

## Lembar Kegiatan 5.1.A



### DISKUSI KELOMPOK

#### Pengantar

Pada suatu saat Anda terpaksa harus mendorong mobil. Apa yang terjadi jika Anda mendorong sendirian? Bagaimana halnya jika yang mendorong menjadi dua atau tiga orang? Adakah perbedaan mendorong mobil dalam keadaan penuh muatan dengan mobil yang kosong?

Melalui kegiatan ini dapat diharapkan memahami Hukum II Newton tentang gerak.

#### Tujuan

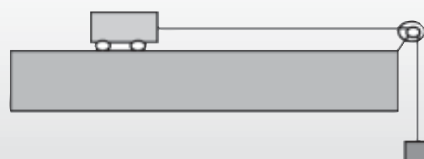
Dalam kegiatan ini kita dapat membangun konsep tentang keteraturan di balik benda-benda yang mengalami perubahan kelajuan berdasarkan konsep kinematika yang telah dipelajari pada bagian berikutnya.

#### Bahan/Alat

1. *Trolley*
2. Papan luncur
3. Katrol
4. Beban dan ticker timer

#### Langkah Kegiatan

1. Hubungkan *trolley*, katrol, dan beban seperti pada gambar.



2. Amatilah percepatan *trolley* jika massa beban diubah sedangkan massa *trolley* tetap!
3. Amati pula percepatan *trolley* jika beban dalam keadaan tetap dan massa *trolley* ditambah!
4. Lakukan analisis gaya, massa, dan percepatan pada sistem tersebut!
5. Tuliskan hasil kerja kelompok di kertas plano dengan kreatif!

## Lembar Kegiatan 5.1.B



### DISKUSI KELOMPOK

#### Pengantar

Apa yang terjadi jika saat kita mengenakan sepatu roda kita mendorong tembok?

Bagaimanakah kita dapat menjelaskan gerak sebuah roket?



#### Tujuan

Dalam kegiatan ini, kita dapat membangun konsep tentang interaksi antara gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda.

#### Bahan/Alat

1. Neraca Pegas 2 buah
2. Penggaris

#### Langkah Kegiatan

1. Mintalah dua orang temanmu yang masing-masing membawa sebuah neraca pegas!
2. Mintalah mereka mengaitkan neraca pegas yang satu dengan yang lain sebagaimana gambar di bawah!



3. Cobalah salah satu orang yang memegang ujung neraca pegas menarik neraca pegas, Apakah yang dirasakan oleh temanmu yang lain?
4. Lakukan analisis gaya, percepatan pada sistem tersebut sedangkan massa benda dianggap sama. Manakah yang disebut dengan gaya aksi dan manakah yang disebut gaya reaksi?
5. Tuliskan hasil kerjamu di kertas plano!

## Uraian Materi 5.2

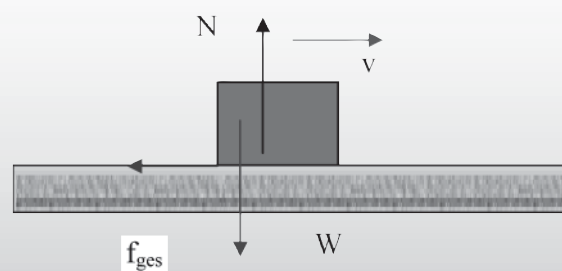


# GAYA DAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

## A. Hukum I Newton tentang Gerak

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering mengamati bahwa benda yang diam akan cenderung diam. Misalnya, sebuah buku yang terletak di atas meja akan tetap di tempat jika tidak ada gaya lain yang mempengaruhinya. Mengapa demikian? Hal ini telah dijawab oleh Newton berdasarkan pengamatan-pengamatannya pada benda-benda yang mengalami gaya seimbang atau resultan gaya yang bekerja padanya sama dengan nol. Sebagian dari hukum I Newton menyatakan bahwa suatu benda yang dalam keadaan diam akan tetap diam jika tidak terdapat resultan gaya yang bekerja pada benda". Jadi, jika sebuah buku berada di atas meja, buku akan mengerjakan gaya pada meja sebesar beratnya. Meja mengimbangi gaya berat itu dengan gaya normal yang besarnya sama dan arahnya berlawanan dengan gaya berat. Akhirnya resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol. Karena itu buku tetap diam selama tidak ada resultan gaya lain yang mempengaruhinya.

Bagaimana dengan perilaku benda yang bergerak? Pakar fisika sebelum Newton menyatakan bahwa benda yang bergerak cenderung menuju diam sehingga benda memerlukan gaya terus-menerus agar tetap bergerak. Pernyataan ini nampaknya sesuai dengan pengalaman sehari-hari, tetapi Newton memiliki pemikiran yang lain. Penjelasan Newton adalah sebagai berikut. Perhatikan Gambar 5.1 di bawah.



**Gambar 5.1 Gaya yang Bekerja pada Sebuah Benda yang Bergerak dengan Kelajuan  $v$**

Sebuah balok bergerak dengan kelajuan  $v$  ke kanan. Pada sumbu vertikal, terdapat dua buah gaya, yaitu gaya berat  $W$  dan gaya normal bidang  $N$ . Keduanya mempunyai besar yang sama, tetapi arahnya berlawanan sehingga



resultan atau jumlah gaya pada sumbu vertikal sama dengan nol.  $\Sigma F_y = 0$ . Jadi, tidak terdapat gerakan pada sumbu vertikal.

Pada sumbu horisontal terdapat gaya gesekan yang arahnya melawan gerak benda dan tidak ada yang mengimbangnya. Gaya inilah yang menyebabkan benda semakin lama kelajuannya semakin rendah dan akhirnya diam.

Dalam kehidupan sehari-hari, sangat sulit menunjukkan benda yang tidak mengalami gaya gesekan sama sekali karena udarapun ternyata menghasilkan gaya gesekan (Gambar 5.2). Namun, jika gaya gesekan tidak terjadi benda akan terus-menerus bergerak dengan kelajuan yang konstan. Karena itu Hukum I Newton menyatakan bahwa, jika tidak terdapat resultan gaya yang bekerja pada benda, benda akan bergerak dengan kecepatan konstan.

Jadi Hukum I Newton secara keseluruhan dapat dinyatakan bahwa sebuah benda akan tetap diam atau bergerak dengan kecepatan konstan jika tidak terdapat resultan gaya yang bekerja padanya.



**Gambar 5.2 Jika Gaya Gesekan Kecil, Benda Akan Cenderung terus Bergerak**

Hukum I Newton terkait erat dengan konsep kelembaman. Kelembaman adalah sifat materi yang mempertahankan dari perubahan gerak. Jadi, sebuah benda yang diam cenderung tetap diam dan benda yang bergerak cenderung untuk terus-menerus bergerak. Kelembaman sebuah benda berhubungan dengan massanya. Semakin besar massa benda, akan semakin besar kelembamannya (Gambar 5.3). Artinya, jika benda diam sulit untuk digerakkan, sedangkan jika sudah bergerak sulit dihentikan.

Kelembaman sering kita alami ketika kita berada di dalam mobil. Jika mula-mula mobil diam dan kemudian dijalankan secara tiba-tiba, kita akan tersentak ke belakang. Hal ini terjadi karena tubuh kita cenderung mempertahankan

kedudukannya. Sebaliknya, ketika mobil sedang melaju kencang dan direm secara tiba-tiba, kita akan tersentak ke depan. Hal ini juga disebabkan tubuh kita mempertahankan gerakannya pada kelajuan tertentu.



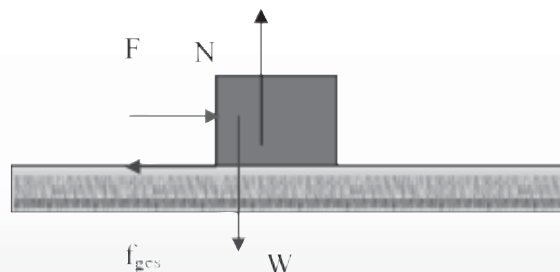
**Gambar 5.3 Karena Massanya yang Besar, jika telah Bergerak, Kereta Api Sulit untuk Dihentikan**

Contoh Soal

Sebuah balok diam di atas lantai yang kasar. Massa balok 100 kg dan percepatan gravitasi bumi  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Jika balok didorong dengan gaya 50 N dan balok dalam keadaan diam, berapakah gaya gesek lantai dengan balok?

Jawab:

Gaya-gaya yang bekerja pada balok dapat digambarkan sebagai mana Gambar 5.4 berikut.



**Gambar 5.4 Gaya-gaya yang Bekerja pada Sebuah Balok**

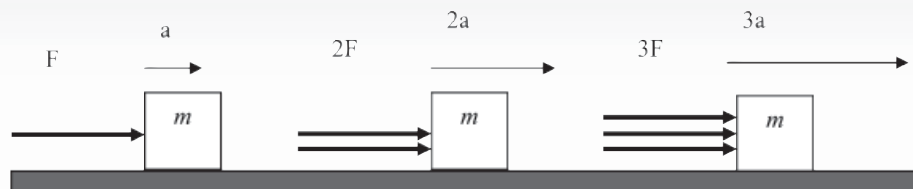
Karena benda diam, resultan gaya besarnya sama dengan nol. Pada sumbu Y, gaya berat diimbangi oleh gaya normal. Pada sumbu X gaya dorong diimbangi oleh gaya gesekan lantai pada benda. Jadi gaya gesekan lantai sama dengan gaya dorong yakni 50 N.

## B. Hukum II Newton tentang Gerak

Hukum I Newton yang telah kita pelajari sebelumnya membahas tentang benda-benda yang resultan gayanya sama dengan nol. Benda yang resultan gayanya sama dengan nol akan berhenti atau bergerak dengan kecepatan

tetap. Pada Hukum II Newton, akan dibahas benda yang resultan gaya yang bekerja padanya tidak sama dengan nol atau bekerja gaya-gaya yang tidak seimbang. Benda dengan resultan gaya tidak sama dengan nol akan mengalami perubahan gerak.

Untuk lebih memahami Hukum II Newton, kita dapat melakukan eksperimen tentang hubungan antara resultan gaya, massa benda dan percepatan benda. Untuk mendapatkan hasil yang baik, disarankan eksperimen dilakukan pada tempat yang gaya gesekan dapat diminimalkan, misalnya pada permukaan licin. Benda diletakkan di atas lantai licin dan dikenai gaya untuk diketahui percepatannya. Pengaruh gaya pada percepatan untuk massa yang konstan adalah sebagai Gambar 5.5 berikut.



**Gambar 5.5 Benda Didorong dengan Gaya yang Berbeda**

Dari beberapa eksperimen ini dapatlah disimpulkan bahwa jika resultan gaya ( $\Sigma F$ ) bekerja pada benda bermassa  $m$ , benda akan mengalami percepatan sebesar  $a$  dengan hubungan matematis:

Resultan gaya = massa x percepatan

$$\Sigma F = m \cdot a \quad (7)$$

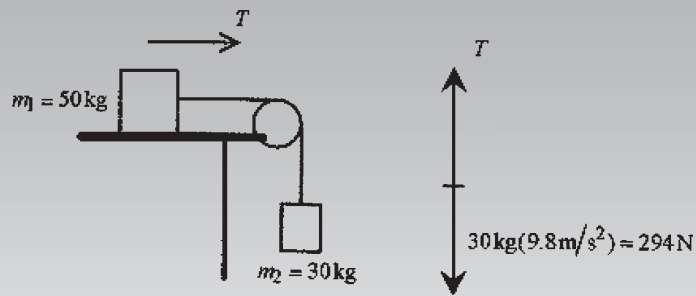
Hukum II Newton dapat diungkapkan dengan kata-kata sebagai berikut. "Resultan gaya yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan benda dipercepat searah dengan arah gaya. Besar percepatan bergantung pada besar gaya dan massa benda. Semakin besar gaya akan semakin besar percepatan benda. Semakin besar massa benda diperlukan gaya yang lebih besar untuk mendapatkan percepatan yang sama".

#### Contoh Soal

Dua buah balok dihubungkan dengan sebuah tali ringan melalui sebuah katrol yang tanpa gesekan. Benda 50 kg terletak di atas lantai licin sementara benda 30 kg tergantung di udara. Berapakah percepatan sistem benda?

#### Jawab

Sketsa gaya-gaya yang bekerja pada sistem benda dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 5.6).



**Gambar 5.6 Gaya-gaya yang Bekerja pada Sebuah Benda dan Diagram Gayanya**

Karena tidak ada gesekan antara balok 1 dan lantai, berlaku rumus:

$$m_1 \cdot a = T$$

Pada  $m_2$ , berlaku rumus:

$$m_2 \cdot g - T = m_2 \cdot a$$

Jika dua buah persamaan tersebut disubstitusikan, akan didapatkan:

Jadi percepatan sistem benda adalah  $3,7 \text{ m/s}^2$ .

### C. Hukum III Newton tentang Gerak

Ketika kita menendang bola, kita dapat merasakan bahwa bola juga melakukan gaya pada kaki kita, ketika berenang kita memberi gaya pada air dan sebaliknya air akan mendorong kita. Roket mendorong udara dan sebaliknya udara mendorong roket sehingga roket dapat meluncur (Gambar 5.7). Newton telah mengamati berbagai fenomena ini dan menyimpulkannya dalam Hukum III Newton.



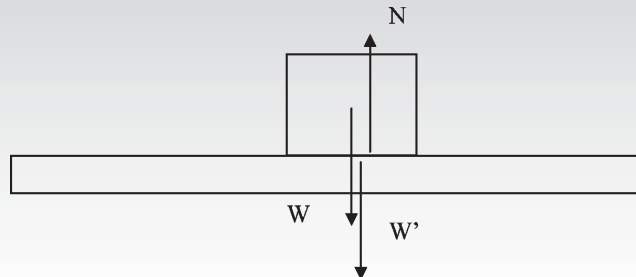
**5.7 Gejala Aksi Reaksi dalam Kehidupan Sehari-hari**

Hukum III Newton dapat dinyatakan sebagai berikut.

“Jika benda pertama memberikan gaya pada benda kedua, benda yang kedua juga akan memberikan gaya pada benda pertama dengan besar yang sama dan arahnya berlawanan dengan arah gaya dari benda pertama”. Dengan kata

lain, dapat dinyatakan bahwa. Setiap ada gaya aksi selalu ada gaya reaksi yang besarnya sama dan arahnya berlawanan.

Perlu diketahui bahwa gaya aksi dan gaya reaksi bekerja pada dua benda yang berbeda. Jadi meskipun terdapat dua gaya yang sama besarnya dan arahnya berlawanan, gaya-gaya itu belum tentu gaya aksi reaksi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh pada Gambar 5.8 berikut.



**Gambar 5.8 Gaya-gaya pada Sistem Benda Diam**

Sebuah balok terletak di atas meja. Karena balok mempunyai massa, balok menderita gaya berat  $W$  yang besarnya sama dengan massa ( $m$ ) kali percepatan gravitasi ( $g$ ). Karena gaya berat inilah, balok memberikan gaya pada meja sebesar  $W'$  yang besarnya sama dengan  $W$ .  $W'$  adalah gaya aksi. Menurut Hukum III Newton meja akan memberikan gaya reaksi  $N$  yang besarnya sama dengan  $W'$  dan arahnya berlawanan pada balok. Jadi, dalam hal ini pasangan aksi-reaksi adalah  $N$  dan  $W'$ .

Perlu diingat bahwa  $W'$  dan  $N$  bukanlah gaya-gaya seimbang karena keduanya bekerja pada benda yang berbeda. Gaya-gaya seimbang adalah antara  $W$  dengan  $N$  yang keduanya bekerja pada benda yang sama yaitu balok. Gaya-gaya yang bekerja pada balok dapat digambarkan seperti diagram benda bebas Gambar 5.9 berikut:



**Gambar 5.9 Diagram benda bebas**

Resultan gaya yang bekerja pada balok sama dengan nol, sehingga balok diam di atas meja. Dengan Hukum III Newton ini, kita dapat menjelaskan mengapa seseorang yang memakai sepatu roda dan mendorong tembok akan terdorong ke belakang. Ketika orang mendorong tembok, tembok akan

memberikan reaksi mendorong orang dengan gaya yang sama. Jadi baik tembok maupun orang mengalami gaya yang besarnya sama. Karena tembok lebih lembam, maka tembok akan cenderung diam, sedangkan orang yang relatif kurang lembam cenderung terdorong ke belakang.

### Latihan

1. Sebuah balok meluncur di atas lantai yang licin sempurna dengan kecepatan awal 10m/s. Lima detik kemudian berapakah kecepatan balok?
2. Sebuah gaya 100 Newton bekerja pada sebuah benda yang massanya adalah 10 kg. Benda terletak di atas lantai, yang gaya gesekan lantai dengan benda adalah 40 N. Bagaimana gerakan benda? Jelaskan!

### Rangkuman

1. Hukum I Newton menyatakan bahwa sebuah benda akan tetap diam atau bergerak dengan kecepatan konstan jika tidak terdapat resultan gaya yang bekerja padanya.
2. Hukum II Newton menyatakan bahwa resultan gaya yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan benda dipercepat searah dengan arah gaya. Besar percepatan bergantung pada besar gaya dan massa benda. Semakin besar gaya akan semakin besar percepatan benda dan semakin besar massa benda diperlukan gaya yang lebih besar untuk mendapatkan percepatan yang sama.
3. Hukum III Newton menyatakan bahwa setiap ada gaya aksi selalu ada gaya reaksi yang besarnya sama dan arahnya berlawanan.
4. Permasalahan gerak dalam kehidupan sehari-hari dapat dijelaskan dengan menggunakan Hukum-hukum Newton tentang Gerak.

## Lembar Powerpoint 5.3



### Hukum Newton Tentang Gerak

#### Pertanyaan

- Bagaimana cara mengambil kertas tanpa menjatuhkan gelas?



2

#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep gaya dan hukum Newton tentang gerak

3

#### INDIKATOR

- menjelaskan gaya dan pengaruhnya pada benda,
- menjelaskan hukum newton 1 tentang gerak,
- menjelaskan hukum newton 2 tentang gerak, dan
- menjelaskan hukum newton 3 tentang gerak.

4

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Demonstrasi
- Penguatan
- Kerja kelompok
- Penguatan
- Drill
- Refleksi

5

#### Demonstrasi

- Luncurkan balok kayu pada bidang miring sebagaimana gambar di bawah!
- Ukurlah berapa jauh perpindahan balok dari ujung bidang miring
- Cobalah mengganti permukaan datar dengan meletakkan permukaan yang lebih licin, ulangi peluncuran dari ketinggian yang sama, amati perubahan yang terjadi!
- Bagaimana jika lantai sangat licin?
- Simpulkanlah hasil pengamatanmu!



6

### Hukum I Newton

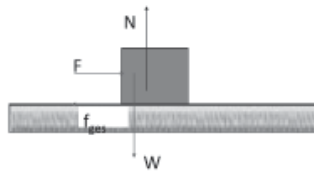
- Suatu benda yang dalam keadaan diam akan tetap diam jika tidak terdapat resultan gaya yang bekerja pada benda
- Jika tidak terdapat resultan gaya yang bekerja pada benda, benda akan bergerak dengan kecepatan konstan

7

### Contoh

- Sebuah balok diam di atas lantai yang kasar. Massa balok 100 kg dan percepatan gravitasi bumi  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Jika balok didorong dengan gaya 50 N dan balok dalam keadaan diam, berapakah gaya gesek lantai dengan balok?

8



Resultan gaya sama dengan nol jadi  $f_{ges} = F = 50 \text{ N}$

9

### Kerja Kelompok

- Membentuk 6 kelompok
- Kelompok Ganjil dipandu LK 5.1.A
- Kelompok Genap dipandu LK 5.1.B

10

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil kerja kelompok
- Kelompok lain menanggapi

11

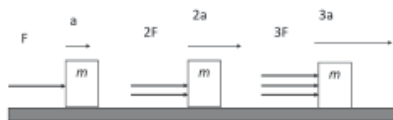
### Hukum II Newton

- Resultan gaya yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan benda dipercepat searah dengan arah gaya. Besar percepatan bergantung pada besar gaya dan massa benda. Semakin besar gaya akan semakin besar percepatan benda. Semakin besar massa benda diperlukan gaya yang lebih besar untuk mendapatkan percepatan yang sama

12



### Hukum II Newton



13

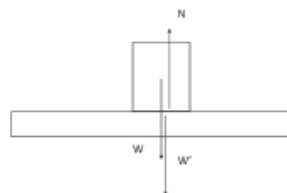
### Hukum III Newton

- Jika benda pertama memberikan gaya pada benda kedua, benda yang kedua juga akan memberikan gaya pada benda pertama dengan besar yang sama dan arahnya berlawanan dengan arah gaya dari benda pertama



14

### Aksi reaksi



15

### Drill

- Kerjakan lembar penilaian 5.4 no 1, 2 dan 3.

16

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

17

### Tindak lanjut

- Kerjakan Lembar Penilaian 5.4 di rumah.
- Pelajari paket berikutnya

18

## Lembar Penilaian 5.4



### A. Tes Tulis

1. Jelaskan pengaruh gaya pada gerak benda!
2. Berikan contoh gaya-gaya seimbang dalam kehidupan sehari-hari!
3. Jelaskan dan berikan contoh keberlakuan hukum II Newton tentang gerak!
4. Jelaskanlah tentang pasangan gaya aksi reaksi!
5. Benarkah gaya berat dan gaya normal bidang merupakan pasangan gaya aksi reaksi?
6. Sebuah balok terdapat di atas meja. Jika balok diberikan gaya dorong, tetapi balok tidak bergerak. Berapakah besar gaya gesek pada balok?Jelaskan!
7. Dua buah balok masing-masing massanya 5 kg dan 15 kg berada di atas lantai licin sempurna. Jika balok 5 kg dikenakan gaya sebesar 20 Newton, berapa gaya sentuh yang bekerja pada kedua balok?
8. Sebuah mobil massanya 700 kg, gaya yang diperlukan untuk menggerakkan mobil dengan percepatan 40 km/jam adalah.....N

## Daftar Pustaka

Kamajaya. 2003. *Físika: untuk SMU kelas II semester 1*. Bandung: Grafindo Media Pratama.

Kanginan, Marten. 1989. *Físika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Kertiasa, Nyoman. 1996. *Físika 1: untuk Sekolah Umum Kelas 1*. Yakarta: Depdikbud.

Resnick, Halliday. 1999. *Físika: jilid 2 edisi ketiga*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Satira, Suparno. 1995. *Físika*. Bandung: Departemen IPTEK ICMI.

Tim Bahan Perkuliahan. 2007. *Físika Dasar*. Bandung: UPI bandung.

## Paket 6

# PENERAPAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

## Pendahuluan



Pada Paket 6 ini mahasiswa-mahasiswi akan mempelajari aplikasi Hukum Newton dalam kehidupan sehari-hari. Apabila pada Paket 5 mahasiswa-mahasiswi telah memahami dasar-dasar Hukum Newton tentang gerak, pada paket ini mahasiswa-mahasiswi akan lebih banyak memecahkan permasalahan gerak dengan memanfaatkan Hukum-hukum Newton tersebut.

Perkuliahan dalam paket 6 ini menggunakan strategi kooperatif JIGSAW. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 5 kelompok dengan anggota kelompok masing-masing 5 orang. Pada masing-masing kelompok dibagikan LK 6.1. Kemudian mahasiswa-mahasiswi berkumpul dalam kelompok pakar untuk membicarakan penyelesaian masalah dengan bantuan dosen. Hasil penyelesaian masalah dituliskan di kertas plano. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan berbelanja bersama kelompok asal. Ketika tiba pada suatu pajangan, maka anggota kelompok pakar yang menghasilkan pajangan itulah yang harus mempresentasikan. Jika mahasiswa-mahasiswi telah berbelanja secara penuh, dosen akan memberikan penguatan dan memberi kesempatan mahasiswa untuk bertanya.

Sebelum perkuliahan sebaiknya kepada mahasiswa-mahasiswi dijelaskan sepintas tentang metode kooperatif JIGSAW. Ketika mahasiswa-mahasiswi berkerja dalam kelompok pakar, sebaiknya dosen juga memberikan bantuan karena hasil kelompok pakar akan dijelaskan pada mahasiswa-mahasiswi yang lain. Kesalahan konsep yang terjadi dalam kelompok pakar akan sulit untuk diluruskan.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu memahami penerapan konsep gaya dalam hukum newton tentang gerak

### Indikator

Pada akhir perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menerapkan konsep hukum newton dalam menyelesaikan masalah sehari-hari, dan
2. menyelesaikan soal-soal tentang gaya dan gerak.

### Waktu

2 X 50 Menit

### Materi Pokok

Penerapan dalam Keseharian Hukum Newton tentang gerak

### Kelengkapan Bahan Perkuiahhan

1. Lembar Kegiatan LK 6.1.A., LK 6.1.B., LK 6.1.C
2. Lembar Uraian Materi 6.2
3. Lembar *PowerPoint* 6.3
4. Lembar Penilaian 6.4
5. Alat dan Bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen membawa beberapa gambar yang terjadi di alam sekitar. (pengendara mobil, olahragawan karateka, dan pekerja bangunan).	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 6.3
3'	2. Mahasiswa-mahasiswi mengungkapkan pemahamannya tentang gaya dan hubungannya dengan gerakan benda dikaitkan dengan kondisi nyata dalam kehidupan sehari-hari.	Curah Pendapat	
5'	3. Dosen menyampaikan kompetensi dasar, indikator dan langkah-langkah perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 6.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
5'	1. Dosen memberikan pengantar tentang penerapan Hukum Newton di lingkungan sekitar. Dosen membagi mahasiswa-mahasiswi menjadi 5 kelompok. Masing-masing anggota kelompok diminta mengamati soal pada LK 6.1.	Ceramah dan Panya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 6.3 LK 6.1
25'	2. Mahasiswa-mahasiswi berkumpul dalam kelompok pakar dan mengembangkan pajangan.	Kooperatif JIGSAW	LK 6.1 Uraian Materi 6.2
10'	3. Kelompok pakar memajangkan hasil diskusinya dan mempersiapkan presentasi.		
15'	4. Mahasiswa melakukan belanja bersama kelompok asalnya. Anggota kelompok pakar menjadi presenter di setiap pajangan.	Belanja	Hasil Kerja Kelompok
25'	5. Dosen memberikan penguatan dan kesempatan untuk bertanya.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 6.3

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 6.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas rumah latihan dan dikumpulkan pada pertemuan yang akan datang.	Penugasan	Lembar Penilaian 6.4

## Lembar Kegiatan 6.1



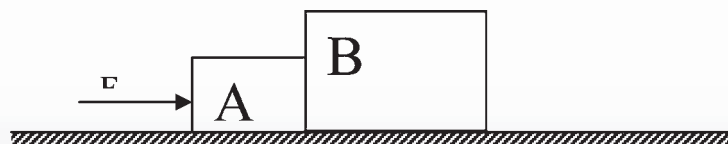
### DISKUSI KELOMPOK PAKAR

#### Petunjuk

Berikut ini adalah beberapa permasalahan yang berkaitan dengan Hukum-Hukum Newton tentang gerak. Masing-masing anggota kelompok memilih satu permasalahan dan didiskusikan di kelompok pakar.

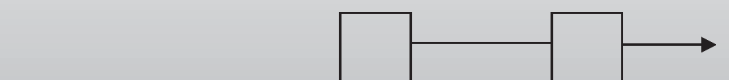
#### Soal

1. Setiap pengendara mobil diharuskan menggunakan sabuk pengaman. Lakukan analisis dengan menggunakan Hukum-Hukum Newton tentang gerak tentang sabuk pengaman ini!
2. Ketika pengendara kendaraan bermotor menginginkan untuk dapat melaju dengan kelajuan konstan, pengendara tetap harus menginjak pedal gas. Bagaimana hal ini dapat dijelaskan dengan Hukum-Hukum Newton tentang gerak?
3. Sebuah lampu tergantung di langit-langit masjid dengan adanya rantai yang menghubungkan lampu dengan langit-langit. Analisislah gaya-gaya yang terdapat dalam sistem tersebut! Tunjukkan pasangan gaya aksi reaksi yang ada!
4. Balok A massanya 2 kg dan balok B massanya 4 kg terletak di atas lantai yang licin sempurna sebagaimana gambar di bawah.



Jika balok A mendapatkan gaya dorong sebesar 60 N, carilah:

- a. percepatan tiap-tiap balok!
  - b. gaya aksi-reaksi antara balok A dan balok B!
5. Dua buah balok terletak di atas lantai licin dan dihubungkan dengan tali sebagaimana gambar.



Jika massa balok masing-masing 2 kg, dan 6 kg, sedang balok 2 ditarik dengan gaya 24 N. Hitunglah gaya tegang tali-tali yang menghubungkan balok tersebut



## Uraian Materi 6.2



# PENERAPAN HUKUM-HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

## A. Penerapan Hukum-Hukum Newton tentang gerak dalam Kehidupan

Hukum-hukum Newton tentang gerak dapat menjelaskan beberapa peristiwa gerak dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, alasan mengapa pengemudi mobil dianjurkan untuk menggunakan sabuk pengaman (Gambar 6.1). Menurut Hukum I Newton suatu benda akan cenderung mempertahankan kedudukannya. Jika benda diam, cenderung tetap diam, dan jika benda bergerak cenderung terus bergerak. Ketika naik mobil ada dua kemungkinan yang terjadi, yaitu mobil diam tiba-tiba bergerak dan ketika melaju kencang tiba-tiba mobil direm mendadak.

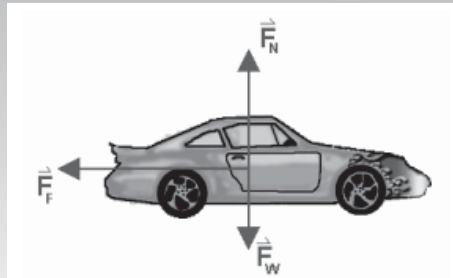
Pada kemungkinan pertama (mobil diam tiba-tiba bergerak), tidak terlalu berbahaya karena tubuh akan tertahan oleh jok mobil, tetapi pada kemungkinan kedua (mobil tiba-tiba di rem) sangat berbahaya karena tubuh akan cenderung bergerak dan jika tidak menggunakan sabuk pengaman tubuh bisa terhempas pada *dashboard* mobil. Seseorang akan mengalami gaya tekan *dashboard* mobil sebesar 10 kali berat badannya jika dihentikan mendadak pada kelajuan 70 km/jam. Dengan menggunakan sabuk pengaman kecelakaan semacam itu dapat diminimalisasi. Mobil-mobil terbaru selain dilengkapi sabuk pengaman, juga ditambah dengan balon udara yang akan mengembang jika terjadi tabrakan.



**Gambar. 6.1. Sabuk Pengaman**

Mengapa mobil perlu terus-menerus diinjak pedal gasnya agar kelajuan sepeda motor konstan? Selain gaya dorong mesin, mobil juga mengalami gaya-gaya gesekan baik dari mesin maupun udara (Gambar 6.2). Menurut Hukum I Newton, agar benda bergerak dengan kelajuan konstan, resultan gaya harus sama dengan nol. Karena itu gaya gesekan ini harus diimbangi

dengan gaya tarik/dorongan mesin sepeda motor dengan cara digas. Ketika mobil bergerak dengan kelajuan konstan, gaya dorong mesin sama dengan gaya gesek.



**Gambar. 6.2 Mobil dan Gaya Gesekan**

Mengapa sepeda balap (Gambar 6.3) dirancang seringan mungkin?



**Gambar. 6.3 Sepeda Balap Dibuat Seringan Mungkin**

Menurut Hukum II Newton semakin ringan sepeda yang digunakan, semakin sedikit gaya yang harus diberikan agar sepeda melaju dengan percepatan tertentu. Semakin ringan sepeda berarti waktu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan tertentu juga semakin cepat atau dapat dikatakan akselerasinya tinggi. Hal ini tentunya juga dapat menghemat tenaga bagi pembalap. Karena itu, sepeda balap dibuat dari bahan khusus yang sangat kuat, tetapi juga sangat ringan.

Mengapa seorang karateka (Gambar 6.3) harus mempunyai kuda-kuda yang kokoh?



**Gambar. 6.4 Karateka dan Kuda-kudanya**

Menurut Hukum III Newton, setiap ada aksi selalu ada reaksi. Menurut Hukum I Newton, benda yang memiliki inersia besar akan sulit digerakkan dan kalau

bergerak sulit dihentikan. Dengan kuda-kuda yang baik, seorang karateka seolah-olah menyatu dengan lantai sehingga inersianya besar. Dengan demikian, tidak mudah roboh ketika terpukul lawan.

Apa sajakah aplikasi Hukum I, II dan III Newton dalam bidang pekerjaan? Hukum I, II dan III Newton amat diperlukan dalam berbagai bidang pekerjaan terutama yang berkaitan dengan mekanika. Perancangan dan konstruksi bangunan misalnya banyak memanfaatkan Hukum I dan III Newton tentang gerak karena konstruksi bangunan lebih banyak memerlukan kajian statika atau mekanika pada benda-benda diam. Sementara, para insinyur yang bekerja dengan benda-benda bergerak sering memerlukan perhitungan yang cermat terkait dengan penerapan Hukum II Newton tentang gerak.



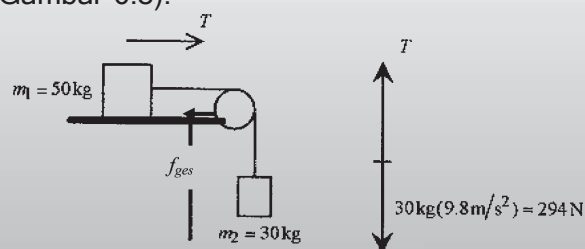
**Gambar. 6.7 Berbagai Kegiatan Mekanika**

Beberapa contoh permasalahan mekanika yang lain antara lain sebagai berikut.

Dua buah balok dihubungkan dengan sebuah tali ringan melalui sebuah katrol yang tanpa gesekan. Benda 50 kg terletak di atas lantai yang memiliki koefisien gesekan 0,2, sementara benda 30 kg tergantung di udara. Berapakah percepatan sistem benda?

Jawab

Sketsa gaya-gaya yang bekerja pada sistem benda dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 6.8).



**Gambar 6.8 Gaya-gaya yang Bekerja pada Sebuah Benda dan Diagram Gayanya**

Karena terdapat gesekan antara balok 1 dan lantai, berlaku rumus:

$$f_{ges} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,2 \cdot 50 \cdot 9,8 = 98N$$

Pada  $m_2$ , berlaku rumus:

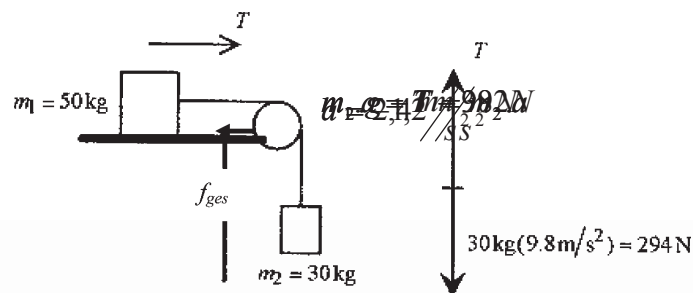
Jika dua buah persamaan tersebut dijumlahkan, akan didapatkan:

Jadi percepatan sistem benda adalah  $2,4 \text{ m/s}^2$ .

Dua buah balok dihubungkan dengan sebuah tali ringan melalui sebuah katrol yang tanpa gesekan (Gambar 6.9). Benda  $50 \text{ kg}$  terletak di atas lantai yang memiliki koefisien gesekan  $0,8$ , sementara benda  $30 \text{ kg}$  tergantung di udara. Berapakah percepatan sistem benda?

Jawab

Sketsa gaya-gaya yang bekerja pada sistem benda dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 6.9 Gaya-gaya yang Bekerja pada Sebuah Benda dan Diagram Gayanya**

Karena terdapat ada gesekan antara balok 1 dan lantai, berlaku rumus:

$$f_{ges} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,8 \cdot 50 \cdot 9,8 = 392N$$

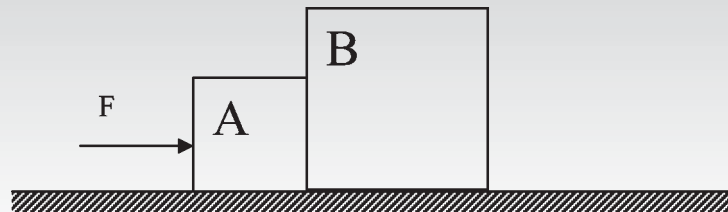
Pada  $m_2$ , berlaku rumus:

Jika dua buah persamaan tersebut dijumlahkan akan didapatkan:

Meskipun secara matematis perhitungan tersebut benar, dalam kenyataannya tidak mungkin benda bergeser ke kiri. Inilah salah satu sifat gaya gesekan yang penting. Jika gaya tarik besarnya lebih kecil daripada gaya gesekan,

benda masih dalam keadaan diam. Jadi, karena gaya tarik 294 N sementara gaya gesekan statis maksimum adalah 392, sesungguhnya benda tetap diam. Menurut hukum I Newton, besarnya gaya gesekan adalah 294, yakni saling menghilangkan dengan gaya tarik yang disebabkan oleh benda 2.

Balok A massanya 2 kg dan balok B massanya 3 kg terletak di atas lantai yang licin sempurna sebagaimana Gambar 6.10 di bawah.



**Gambar 6.10 Sistem Dua Buah Balok Dikenai Gaya**

Jika balok A mendapatkan gaya dorong sebesar 50 N, carilah:

- percepatan tiap-tiap balok!
- gaya aksi-reaksi antara balok A dan balok B!

Jawab:

Percepatan tiap-tiap balok dapat dihitung dari perbandingan gaya dengan keseluruhan massa sistem.

$$a = \frac{\Sigma F}{m_A + m_B} = \frac{50N}{5} = 10 \text{ m/s}^2.$$

Jadi percepatan sistem benda adalah 10 m/s<sup>2</sup>.

Untuk mencari gaya aksi reaksi antara kedua balok kita dapat menerapkan hukum II Newton untuk salah satu balok. Misalnya balok A resultan gaya adalah selisih gaya dorong dan gaya reaksi balok B ( $f_{BA}$ ).

Pada balok A berlaku rumus:

$$a = \frac{\Sigma F}{m_A} = \frac{50 - f_{BA}}{m_A} = \frac{50 - f_{BA}}{2}$$

$$50 - f_{BA} = 2 \cdot 10 = 20N$$

$$\text{Jadi } = 30 \text{ N}$$

Gaya tersebut sama dengan gaya yang diterima oleh balok B akibat aksi balok A

## Rangkuman

1. Permasalahan gerak dalam kehidupan sehari-hari dapat dijelaskan dengan menggunakan Hukum Newton tentang gerak.
2. Permasalahan gerak pada benda diam dan benda bergerak dengan kelajuan konstan dapat dianalisis dengan Hukum-hukum Newton I tentang gerak.
3. Permasalahan gerak pada benda yang bergerak dengan percepatan konstan dapat dianalisis dengan Hukum-hukum Newton II tentang gerak.
4. Permasalahan yang terkait dengan hubungan antar benda-benda dapat dianalisis dengan Hukum-hukum Newton III tentang gerak.

## Lembar Powerpoint 6.3



### Penerapan Hukum Newton Tentang Gerak

#### Pertanyaan

- Bagaimana gerak benda-benda ini dijelaskan dengan Hukum Newton?



2

#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep gaya dan hukum Newton tentang gerak

3

#### INDIKATOR

- menerapkan konsep hukum newton dalam menyelesaikan masalah sehari-hari, dan
- menyelesaikan soal-soal tentang gaya dan gerak

4

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Kooperatif Jigsaw
- Belanja
- Penguatan dan tanya jawab
- Refleksi

5

#### Kooperatif JIGSAW

- Kelompok awal mengamati soal-soal pada LK 6.1
- Mahasiswa-mahasiswi berkumpul pada kelompok pakar
- Kelompok pakar diharapkan menghasilkan pajangan

6

### Belanja

- Mahasiswa-mahasiswi kembali ke kelompok awal
- Mencermati pajangan kelompok pakar, mahasiswa-mahasiswi yang ikut mengembangkan pajangan mempresentasikan kepada anggota kelompok awal.

7

### Penguatan

8

### Sabuk Pengaman

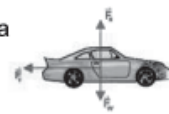
- Kecenderungan benda untuk tetap diam atau tetap bergerak.
- Jika tiba-tiba mobil di rem badan penumpang dapat terhempas ke *dashboard* mobil
- Sabuk pengaman mengurangi resiko



9

### Gaya-Gaya Pada Mobil

- Selain gaya mobil juga terdapat gaya gesek
- Agar benda bergerak dengan kelajuan tetap jumlah gaya harus sama
- Gas perlu diberikan untuk mengimbangi gaya gesek



10

### Mengapa Sepeda Balap Harus Ringan?

- Semakin ringan sepeda semakin tinggi akselerasi yang didapatkan.



### Gaya Pada Lampu

- Gaya aksi reaksi terjadi pada benda yang berbeda
- Gaya-gaya seimbang menyebabkan benda diam



12



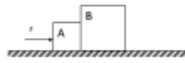
### Gaya aksi reaksi

$$a = \frac{\Sigma F}{m_1 + m_2} = \frac{60N - 10N}{6} = 10 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{\Sigma F}{m_2} = \frac{60 - f_{BA}}{2}$$

$$60 - f_{BA} = 2 \cdot 10 = 20N$$

$$f_{BA} = 40N$$



13

### Gaya aksi reaksi

$$a = \frac{\Sigma F}{m_A + m_B} = \frac{24N}{8} = 6 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{\Sigma F}{m_B} = \frac{T_{AB}}{2}$$

$$T_{AB} = 12N$$



14

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa-mahasiswi merefleksikan jalannya perkuliahan

15

### Tindak lanjut

- Kerjakan Lembar Penilaian 6.4 di rumah.
- Pelajari paket berikutnya

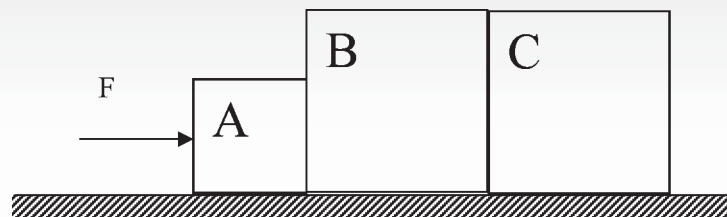
16

## Lembar Penilaian 6.4



### A. Tes Tertulis

1. Sebuah Helikopter bergerak horisontal dengan kelajuan 500 km/jam. Berapakah resultan gaya yang bekerja pada helikopter?
2. Sebuah gaya 40 Newton bekerja pada sebuah benda yang massanya adalah 20 kg dan terletak di atas lantai yang licin sempurna. Berapakah percepatan yang dialami oleh benda?
3. Balok A massanya 1 kg, balok B massanya 2 kg dan balok C 3 kg terletak di atas lantai yang licin sempurna sebagaimana gambar di bawah.



Jika balok A mendapatkan gaya dorong sebesar 30 N, carilah:

- a) percepatan masing-masing balok!
  - b) gaya aksi-reaksi antara balok A, B, dan C!
4. Hitunglah gaya yang ditimbulkan oleh tekanan udara di permukaan laut pada jendela kaca seluas 2 m<sup>2</sup>! Buatlah analogi gaya itu dengan berat suatu benda!. Diskusikan pula mengapa kaca tidak pecah oleh tekanan udara itu!

## Daftar Pustaka

Kamajaya. 2003. *Físika: untuk SMU kelas II semester 1*. Bandung: Grafindo Media Pratama.

Marten Kanginan. 1989. *Físika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Nyoman Kertiasa. 1996. *Físika 1: untuk Sekolah Umum Kelas 1*. Jakarta: Depdikbud.

Resnick, Halliday. 1999. *Físika: jilid 2 edisi ketiga*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Satira, Suparno. 1995. *Físika*. Bandung: Departemen IPTEK ICMI.

Tim Bahan Perkuliahan. 2007. *Físika Dasar*. Bandung: UPI bandung.

## Paket 7

# ENERGI

### Pendahuluan



Paket 7 ini mengajak mahasiswa-mahasiswi mempelajari konsep energi. Pemahaman konsep energi merupakan prasyarat untuk mempelajari konsep pada paket berikutnya yakni usaha. Pemahaman tentang energi juga berguna untuk memecahkan berbagai permasalahan fisika dalam kehidupan sehari-hari.

Perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi kepada mahasiswa-mahasiswi akan pentingnya konsep energi dalam fisika. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi bekerja secara berkelompok dan berbagi gagasan dengan memanfaatkan lembar kegiatan dan uraian materi yang telah disediakan. Untuk menguatkan pemahaman mahasiswa-mahasiswi, dosen juga memberikan penegasan konsep dan memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya jawab.

Kelancaran kegiatan perkuliahan akan sangat mempengaruhi kesiapan mahasiswa-mahasiswi dalam menguasai materi. Oleh karena itu, pemberian bahan ajar atau tugas-tugas sebelum pertemuan berlangsung merupakan salah satu cara yang dapat ditempuh untuk tercapainya tujuan tersebut.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu memahami prinsip-prinsip dan karakteristik energi dan aplikasinya.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. menjelaskan pengertian energi,
2. menjelaskan energi potensial gravitasi,
3. menghitung besar energi potensial gravitasi,
4. menjelaskan energi kinetik,
5. menjelaskan energi mekanik, dan
6. menerapkan hukum kekekalan energi.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Energi
2. Energi Kinetik
3. Energi Potensial Gravitasi
4. Energi Mekanik
5. Hukum Kekekalan Energi

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar kegiatan LK 7.1 A dan 7.1.B
2. Lembar Uraian Materi 7.2
3. Lembar *PowerPoint* 7.4
4. Lembar Penilaian 7. 4
5. Alat dan bahan LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen).

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
5'	1. Dosen memberi pertanyaan sebagai bahan untuk memotivasi pembahasan energi. Pertanyaannya sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>Jelaskanlah yang anda ketahui tentang energi!</li> </ul>	Tanya Jawab	Slide PowerPoint 7.1
3'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	Slide PowerPoint 7.1
2'	3. Dosen membagi kelas menjadi 5 kelompok dengan cara berhitung 1 sampai 5. Mahasiswa-mahasiswi yang menyebut dirinya 1 berkumpul dengan yang menyebut 1 dan seterusnya.	Ceramah	Slide PowerPoint 7.1
	<b>Kegiatan Inti</b>		
20'	1. Mahasiswa-mahasiswi berdiskusi dalam kelompoknya dan bekerja sesuai dengan LK 7.1.A.	Diskusi Kelompok	Lembar Kegiatan 7.1.A Uraian Materi 7.2
15'	2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan ditanggapi oleh kelompok yang lain.	Presentasi	
15'	3. Dosen memberikan penguatan tentang konsep energi dan aplikasinya.	Ceramah	Slide PowerPoint 7.3
5'	4. Dosen meminta mahasiswa berdiskusi berpasangan tentang hukum kekekalan energi dengan panduan LK 7.1.B.	Kerja Berpasangan	Lembar Kegiatan 7.1.B Uraian Materi 7.2
20'	5. Dosen memberikan penguatan tentang hukum kekekalan energi, dilanjutkan tanya Jawaban tentang	Ceramah Tanya Jawaban	Slide PowerPoint 7.3

1	2	3	4
10'	hukum kekekalan energi dan aplikasinya. 6. Dosen mengevaluasi pencapaian kompetensi mahasiswa dan mahasiswi secara individu.	Penilaian	Lembar Penilaian 7.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang kegiatan perkuliahan.	Presentasi	
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mempelajari materi perkuliahan minggu depan.	Ceramah/ penjelasan	<i>Slide PowerPoint 7.3</i>

## Lembar Kegiatan 7.1.A



# KONSEP ENERGI

### Pengantar

Konsep energi banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Dengan memahami konsep energi, kita dapat menjelaskan berbagai fenomena tentang energi. Pemahaman konsep energi juga membantu kita untuk menyelesaikan beberapa permasalahan fisika sehari-hari.

### Tujuan

Melakukan identifikasi berbagai bentuk energi yang ada di alam

### Alat dan Bahan

1. Lilin
2. Baterai
3. Minyak tanah
4. Korek api

### Langkah Kegiatan

1. Ambillah lilin dan nyalakan dengan menggunakan korek api. Mengapa lilin dapat terus- menerus menyala?
2. Diskusikanlah apakah benda-benda tersebut memiliki energi? Mengapa?
3. Sebutkanlah berbagai macam bentuk energi lain yang anda ketahui!
4. Diskusikanlah contoh-contoh perubahan dari satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain!
5. Tulislah hasil diskusimu secara kreatif di kertas plano.



## Lembar Kegiatan 7.2.B



# ENERGI POTENSIAL, KINETIK DAN MEKANIK

### Pengantar

Energi potensial, energi kinetik dan energi mekanik banyak ditemukan dalam kegiatan sehari-hari. Melalui kegiatan ini mahasiswa dan mahasiswi akan memahami konsep energi kinetik, energi potensial gravitasi dan energi mekanik.

### Tujuan

Memahami tentang energi kinetik, potensial dan mekanik serta hukum kekekalan pada energi mekanik

### Langkah Kegiatan

1. Diskusikanlah apa yang dimaksud dengan energi potensial gravitasi?
2. Berikan contoh energi potensial gravitasi dalam kehidupan sehari-hari!
3. Diskusikanlah apa yang dimaksud dengan energi kinetik?
4. Berikan contoh energi kinetik dalam kehidupan sehari-hari!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan energi mekanik?
6. Jelaskan hubungan antara energi kinetik, energi potensial dan energi kinetik!
7. Berikan contoh perhitungan hukum kekekalan energi pada energi mekanik!

## Uraian Materi 7.2



# ENERGI

### A. Pengertian Energi

Energi dari suatu benda adalah ukuran kesanggupan atau kemampuan benda untuk melakukan suatu usaha. Sebagai contoh, sebuah mobil yang sedang melaju kencang memiliki kemampuan untuk menghancurkan benda-benda yang ditabraknya karena memiliki energi gerak. Sebaliknya, truk tronton yang diam tidak akan menyebabkan kerusakan pada benda-benda sekelilingnya karena tidak memiliki energi gerak. Demikian pula dengan bom, meskipun dalam keadaan diam bom berpotensi untuk merusak benda-benda disekelilingnya. Hal ini terjadi karena bom memiliki energi yang tersimpan dalam bentuk kimia. Energi merupakan besaran skalar dengan satuan Joule.

Selain energi gerak dan energi kimia, energi dapat pula tersimpan dalam bentuk-bentuk yang lain sebagai berikut.

- Energi potensial,
- Energi panas
- Energi listrik
- Energi matahari atau energi nuklir
- Energi cahaya

Dalam kehidupan sehari-hari, energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Sebagai contoh, energi matahari yang berupa energi cahaya dan energi panas dapat diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan disimpan dalam bentuk energi kimia. Jika manusia memakan tumbuhan tersebut maka energi akan berpindah ke tubuh manusia masih dalam bentuk energi kimia pula. Energi kimia dalam bentuk makanan tersebut selanjutnya dapat berubah menjadi berbagai bentuk energi misalnya energi panas atau energi kinetik. Dengan energi inilah manusia mampu bergerak dari satu tempat ketempat yang lain. Meskipun berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, jumlah energi ini selalu tetap. Hal ini akan dipelajari pada bagian hukum kekekalan energi.

Perubahan energi biasanya melibatkan perpindahan energi dari satu benda ke benda lainnya. Air di bendungan memiliki energi potensial dan berubah menjadi energi kinetik ketika air jatuh. Energi kinetik ini kemudian dipindahkan ke turbin, dan akhirnya menjadi energi listrik. Setelah menjadi energi listrik, energi akan berpindah ke berbagai benda-benda yang lain melalui kabel-kabel transmisi.

## B. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya. Energi kinetik dipengaruhi oleh massa dan kecepatan benda. Semakin besar kecepatan atau kelajuan benda, semakin besar energi kinetik benda tersebut. Demikian pula semakin besar massa benda yang bergerak makin besar pula energi kinetik yang dimilikinya. Pada Gambar 7.1 energi kinetik yang dimiliki mobil dapat menyebabkan kerusakan ketika menabrak mobil yang lain.

Secara matematis energi kinetik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Keterangan:

$E_p$  = energi kinetik (J)

$m$  = massa dari benda (kg)

$v$  = kecepatan dari benda (m/s)

Sebagai contoh, sebuah mobil yang massanya 1000 kg bergerak dengan kecepatan 15 m/s. Berapa energi kinetik yang dimiliki mobil tersebut?

Permasalahan di atas dapat diselesaikan sebagai berikut.

Diketahui:

$m = 1000 \text{ kg}$

$v = 15 \text{ m/s}$

Ditanyakan :  $E_k = \dots\dots\dots ?$

Jawaban

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} 1000 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} 1000 \text{ kg} \cdot 225 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$E_k = 112500 \text{ Joule}$$

Jadi energi kinetik yang dimiliki oleh mobil tersebut adalah 112500 joule.



Gambar 7.1. Mobil yang Melaju dengan Cepat Memiliki Energi Kinetik

### C. Energi Potensial Gravitasi

Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat adanya pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut. Semakin tinggi kedudukan sebuah benda, semakin besar energi potensial gravitasi yang dimiliki oleh benda tersebut. Sebagai contoh, sebuah batu yang berada di atas permukaan tanah tidak berbahaya bagi orang yang berada disekitarnya. Batu tidak memiliki energi potensial relatif terhadap orang yang berada di permukaan tanah. Lain halnya dengan batu yang berada di tebing sebagaimana Gambar 7.2. Batu di atas tebing memiliki kemampuan merusak benda-benda yang berada dibawahnya jika batu tersebut jatuh.

Secara matematis energi potensial gravitasi dinyatakan sebagai berikut

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

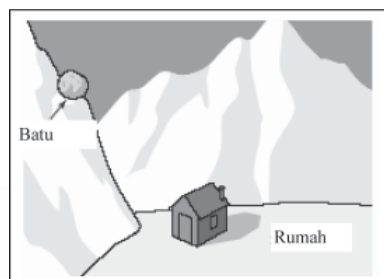
keterangan

$E_p$  = energi potensial (Joule)

$m$  = massa dari benda (kg)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = tinggi benda dari tanah (m)



**Gambar 7.2. Batu yang Terdapat di Tebing Memiliki Energi Potensial Relatif terhadap Rumah**

Contoh Soal:

Buah durian tergantung pada tangkai pohonnya setinggi 8 meter, jika massa durian 2 kg dan percepatan gravitasi  $10 m/s^2$ , berapa energi potensial yang dimiliki durian tersebut?

Penyelesaian

Diketahui:

$h = 8$  meter

$m = 2$  kg

$g = 10 m/s^2$

Ditanyakan:  $E_p = \dots\dots ?$

Jawaban

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 2 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ m}$$

$$E_p = 160 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$$

$$E_p = 160 \text{ J}$$

Jadi energi potensial yang dimiliki oleh buah durian adalah 160 joule.

Gabungan antara energi kinetik dan energi potensial gravitasi bumi sering pula disebut dengan energi mekanik. Jadi secara matematis energi mekanik sebuah benda dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$E_M = E_p + E_k$$

Keterangan

$E_M$  = energi mekanik (Joule)

$E_p$  = energi potensial (Joule)

$E_k$  = energi kinetik (Joule)

Dengan cara lain, energi mekanik dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$E_M = m \cdot g \cdot h + (1/2)mv^2$$

Keterangan

$m$  = massa benda (kg)

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = ketinggian (m)

$v$  = kecepatan benda (m/s)

Contoh soal

Sebuah benda massanya 1kg dilemparkan dari atas rumah yang tingginya 10 m dengan kecepatan 10 m/s. Berapakah energi mekanik yang dimiliki oleh benda sesaat setelah dilemparkan?

Jawaban

Diketahui:

$m$  = 1kg

$g$  = 10  $\text{m/s}^2$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

Ditanyakan EM?

$$E_M = m \cdot g \cdot h + (1/2)mv^2$$

$$E_M = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} + (1/2) 1 \text{ kg} (10 \text{ m/s})^2$$

$$E_M = 100 \text{ J} + 50 \text{ J} = 150 \text{ J}$$

Jadi, sesaat setelah dilepaskan benda memiliki energi mekanik sebesar 150 J.

#### D. Hukum Kekekalan Energi

Sebagaimana telah diketahui, energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Di rumah kita, energi listrik dapat berubah menjadi panas ketika listrik digunakan pada setrika dan kompor. Energi listrik dapat berubah menjadi energi kinetik berupa gerak putar misalnya pada kipas angin dan pompa air. Energi listrik juga dapat berubah menjadi energi cahaya jika digunakan oleh lampu listrik. Meskipun demikian, jumlah energi tidaklah berubah. Bentuk energi berubah dari satu menjadi yang lain namun jumlah totalnya tetap. Hal ini sering disebut dengan hukum kekekalan energi.

Sebagai contoh, kita ingin menentukan kecepatan benda ketika jatuh di tanah pada contoh soal sebelumnya. Sebuah benda massanya 1 kg dilemparkan dari atas rumah yang tingginya 10 m dengan kecepatan 10 m/s. Berapakah kecepatan benda ketika jatuh di tanah?

Energi mekanik benda ketika pada ketinggian 10 meter adalah sebagai berikut.

$$E_M = m \cdot g \cdot h + (1/2)mv^2$$

$$E_M = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} + (1/2) 1 \text{ kg} (10 \text{ m/s})^2$$

$$E_M = 100 \text{ J} + 50 \text{ J} = 150 \text{ J}$$

Sedangkan energi kinetik yang dimiliki benda sesaat ketika jatuh adalah sebagai berikut.

$$E_M = m \cdot g \cdot h + (1/2)mv^2$$

$$E_M = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0 \text{ m} + (1/2) 1 \text{ kg} v^2$$

$$E_M = (1/2) v^2$$

Jika gaya gesekan benda dan udara serta energi yang lain dapat diabaikan, menurut hukum kekekalan energi, energi mekanik di atas (sesaat setelah benda dilemparkan) sama dengan energi kinetik sesaat ketika benda jatuh di atas tanah. Jadi dapat dituliskan sebagai berikut.

$$E_M = (1/2) m v^2$$

$$150 \text{ J} = (1/2) m v^2$$

$$v^2 = 2 \times 150 = 300$$

$$v = (300)^{1/2}$$

Tentu saja hal ini hanyalah angka pendekatan saja. Dalam kenyataannya beberapa energi mekanik benda mungkin akan berubah menjadi energi kalor, energi bunyi atau energi yang lainnya.

Hal sebaliknya terjadi jika sebuah benda dilemparkan ke atas dengan kelajuan tertentu. Semakin tinggi kedudukan benda semakin lambat gerak benda. Hal ini terjadi karena sebagian energi kinetik benda berubah menjadi energi potensial.

### Latihan

1. Jelaskan perubahan energi listrik yang terjadi di rumah Anda!
2. Sebuah sepeda motor yang massanya 100 kg melaju dengan kecepatan 10 m/s. Berapakah energi kinetik yang dimiliki oleh sepeda motor tersebut?
3. Sebuah batu yang massanya 10 kg berada di atas menara yang tingginya 200 m. Berapakah energi potensial gravitasi yang dimiliki oleh batu tersebut relatif terhadap permukaan tanah?
4. Sebuah pesawat terbang yang massanya 2000 kg memiliki kecepatan 100 m/s pada ketinggian 100 m. Berapakah energi mekanik yang dimiliki oleh pesawat tersebut?
5. Sebuah peluru yang massanya 1kg ditembakkan ke atas dari permukaan tanah dengan kecepatan 100 m/s. Tentukan ketinggian maksimum yang dapat dicapai oleh peluru tersebut.

## Rangkuman

1. Energi adalah sesuatu yang dimiliki suatu sistem sehingga mampu melakukan usaha.
2. Energi Potensial adalah energi yang tersimpan dalam suatu benda karena posisinya.
3. Energi kinetik adalah energi gerak yang dinyatakan oleh  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ .
4. Energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Energi hanya dapat ditransformasi dari satu bentuk ke bentuk lain dengan jumlah total yang selalu tetap.



## Lembar Powerpoint 7.3



# ENERGI

### Pertanyaan

- Kita sering mendengar kata energi dalam kehidupan sehari-hari
- Jelaskan yang anda ketahui tentang energi



2

### KOMPETENSI DASAR

- memahami prinsip-prinsip dan karakteristik energi dan aplikasinya.

3

### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian energi,
- menjelaskan energi potensial gravitasi,
- menghitung besar energi potensial gravitasi,
- menjelaskan energi kinetik,
- menjelaskan energi mekanik, dan
- menerapkan hukum kekekalan energi

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi Kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Kerja Berpasangan
- Presentasi
- Penguatan
- Refleksi

5

### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 5 kelompok.
- Tiap-tiap kelompok memanfaatkan LK 7.1.A sebagai panduan

6

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil eksperimennya
- Kelompok lain menanggapi

7

### Energi

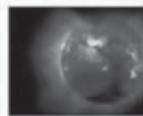
- Kemampuan untuk melakukan kerja



8

### Macam-Macam Energi

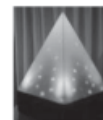
- Energi Kimia
- Energi Listrik
- Energi Panas



9

### Macam-Macam Energi

- Energi Nuklir
- Energi Cahaya
- Energi Kinetik



### Perubahan Energi

- Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain



### Perpindahan Energi

- Perubahan energi seringkali disertai perpindahan energi



### Energi Kinetik

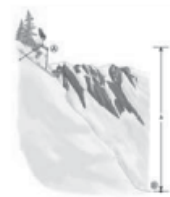
- Energi yang dimiliki karena sebuah benda bergerak



13

### Energi Potensial Gravitasi

- Energi yang dimiliki karena posisi benda



14

### Energi Mekanik

- Jumlah energi potensial gravitasi dan energi kinetik

15

### Kerja Berpasangan

- Tiap-tiap mahasiswa-mahasiswi mencari pasangan
- Berdiskusi dengan panduan LK 7.1.B

16

### Presentasi

- Perwakilan pasangan mempresentasikan hasil diskusinya
- Kelompok lain menanggapi

17

### Hukum Kekekalan Energi

- Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan
- Energi berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, namun jumlahnya tetap

18

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

19

### Tindak lanjut

- Pelajari paket berikutnya

20

## Lembar Penilaian 7.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan yang dimaksud dengan energi!
2. Sebutkan macam-macam bentuk energi yang Anda ketahui!
3. Berikan contoh perubahan energi dari satu bentuk menjadi bentuk yang lain.
4. Seorang pelari yang massanya 80 kg berlari dengan kelajuan 10 m/s. Energi apakah yang dimiliki pelari? Berapa jumlah energi kinetik yang dimiliki oleh pelari?
5. Apakah yang dimaksud dengan energi potensial gravitasi?
6. Sebuah palu yang massanya 0,2 kg berada pada ketinggian 100 m. Berapakah energi potensial yang dimiliki oleh palu tersebut?
7. Seorang ibu melemparkan batu yang massanya 1 kg dengan kelajuan 10 m/s dari ketinggian 10 m. Berapakah kelajuan batu ketika sampai di tanah?
8. Jelaskan tentang hukum kekekalan energi.

## Daftar Pustaka

- Departemen Agama RI.1979. *Al-Quran dan terjemahannya*. Jakarta
- Hariadi, Ichwan.1989. *Dasar-dasar Magnetitisme*. Jakarta:Penerbit Erlangga
- Hewit, Paul G. 1993. *Conseptual Physics*. Seventh Edition. Harper ollins College Publisher
- Muslim, dkk. 2006. *Konsep Dasar Fisika*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Nugraha, Ahmad. 2006. Diktat Kuliah Konsep Dasar IPA. Tasikmalaya:tidak dipublikasikan
- Sumardi, Yosaphat, dkk. 2002. *Konsep dasar IPA1*. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika Untuk Sauns dan Teknik*. Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga

## Paket 8

# USAHA

### Pendahuluan



Perkuliahan pada paket kali ini difokuskan pada materi tentang usaha. Pada pembahasan materi ini, diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat menguasai prinsip usaha dalam fisika dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat kaitan antara konsep usaha yang akan dipelajari dengan konsep energi yang telah dibahas pada paket sebelumnya.

Pada awal perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi dimotivasi untuk mempelajari konsep usaha dengan meminta mahasiswa-mahasiswi untuk mendemonstrasikan mendorong benda. Setelah menyampaikan tujuan dan langkah perkuliahan dosen menjelaskan konsep usaha dihubungkan dengan demonstrasi dan memberikan kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya. Langkah berikutnya, mereka berdiskusi dan berbagi pengalaman hasil diskusi tentang hubungan usaha dan energi. Untuk menegaskan hubungan usaha dan energi, dosen memberikan penguatan dan memberi kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya. Sebelum memberikan penguatan tentang konsep daya, dosen memberikan ilustrasi dan meminta mahasiswa menyampaikan pendapatnya tentang daya.

Penyiapan LCD proyektor dan laptop cukup penting dalam perkuliahan ini untuk mengefektifkan perkuliahan. Mahasiswa-mahasiswi sebaiknya juga disarankan untuk membaca uraian materi terlebih dahulu.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi dasar

Mahasiswa-mahasiswi menerapkan konsep usaha dan aplikasinya.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. menjelaskan pengertian usaha,
2. menghitung usaha yang dilakukan suatu benda,
3. menjelaskan hubungan antara usaha dan energi,
4. membedakan usaha dengan daya, dan
5. menerapkan konsep daya.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Konsep Usaha
2. Usaha dan Perubahan Energi
3. Daya

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 8.1
2. Lembar Uraian 8.2
3. Lembar *PowerPoint* 8.3
4. Lembar Penilaian 8. 4
5. Alat dan Bahan LCD, dan komputer



## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Awal</b> 1. Dosen meminta perwakilan mahasiswa-mahasiswi untuk mendorong meja, mengangkat meja dan mendorong tembok: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada kegiatan mana yang terjadi usaha?</li> </ul>	Demonstrasi dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 8.3
5'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan dan langkah-langkah perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 8.3
15'	<b>Kegiatan Inti</b> 1. Dosen memberikan penjelasan tentang usaha, contoh soal dan memberikan kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 8.3
15'	2. Mahasiswa-mahasiswi bekerja kelompok dengan panduan LK 8.1.A dan LK 8.1.B.	Kerja Kelompok	Lembar Kegiatan 8.1
10'	3. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil-hasil diskusinya.	Presentasi	
15'	4. Dosen menjelaskan hubungan antara usaha dan energi.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 8.3
5'	5. Dosen memberikan ilustrasi tentang perbedaan dalam kemampuan melakukan kerja.	Demonstrasi	
10'	6. Mahasiswa-mahasiswi diminta mengajukan pendapatnya tentang daya.	Tanya Jawab	
10'	7. Dosen memberikan penguatan tentang daya.	Penilaian	<i>Slide. PowerPoint</i> 8.3

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen bersama mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang konsep usaha	Presentasi	
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan lembar penilaian 8.4 di rumah dan mempelajari paket berikutnya.	Ceramah/ Penjelasan	

## Lembar Kegiatan 8.1.A



# USAHA DAN ENERGI KINETIK

### Tujuan

Menjelaskan hubungan antara usaha dan energi kinetik  
Merumuskan hubungan usaha dan energi

### Alat dan Bahan

Kertas plano  
Spidol

### Langkah Kegiatan

- 1 Jelaskan pengaruh usaha yang diberikan pada suatu benda terhadap energi kinetik benda tersebut!
- 2 Sebutkan beberapa contoh pengaruh usaha yang diberikan pada suatu benda terhadap energi kinetik benda dalam kehidupan sehari-hari!
- 3 Lakukan analisis matematis untuk merumuskan hubungan antara usaha dan perubahan energi kinetik!
- 4 Tuliskan hasil kerja kelompok Anda secara kreatif di kertas plano!
- 5 Persiapkan salah satu anggota kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi!

## Lembar Kegiatan 8.2.B



# USAHA DAN ENERGI POTENSIAL

### Tujuan

Menjelaskan hubungan antara usaha dan energi potensial  
Merumuskan hubungan usaha dan energi

### Alat dan Bahan

Kertas plano  
Spidol

### Langkah Kegiatan

1. Jelaskan pengaruh usaha yang diberikan pada suatu benda terhadap energi potensial benda tersebut!
2. Sebutkan beberapa contoh pengaruh usaha yang diberikan pada suatu benda terhadap energi potensial benda dalam kehidupan sehari-hari!
3. Lakukan analisis matematis untuk merumuskan hubungan antara usaha dan perubahan energi potensial!
4. Tuliskan hasil kerja kelompok Anda secara kreatif di kertas plano!
5. Persiapkan salah satu anggota kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi!

## Uraian Materi 8.2

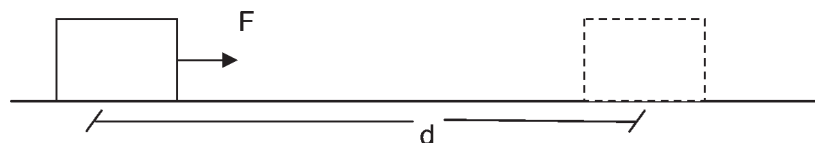


# USAHA

## A. Pengertian Usaha

Pengertian usaha dalam fisika mungkin sedikit berbeda dengan pengertian usaha dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, seseorang mendorong tembok dengan sekuat tenaga selama beberapa menit. Dalam kehidupan mungkin orang tersebut telah dapat dikatakan berusaha untuk mendorong tembok. Namun secara fisika karena tembok tidak berpindah tempat orang tersebut belum dapat dikatakan melakukan usaha. Mengapa demikian?

Secara sederhana, usaha dapat digambarkan sebagai perkalian vektor antara gaya yang bekerja pada benda dan perpindahan yang diakibatkan oleh gaya tersebut. Sebagai contoh, seorang anak menarik meja dengan gaya  $F$  dan meja bergerak sebagaimana Gambar 8.1 di bawah ini.



**Gambar 8.1 Meja Ditarik dengan Gaya  $F$  Sejauh  $d$**

Dalam kasus di atas, dikatakan anak tersebut melakukan usaha pada benda yang besarnya  $W = F \cdot d$ . Hal ini terjadi karena arah gaya searah dengan perpindahannya. Jika gaya tidak searah, perlu dicari komponen gaya searah dengan perpindahan.

Secara umum, rumus usaha dapat ditulis sebagai berikut:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

$W$  = Usaha (Joule)

$F$  = Gaya (Newton)

$d$  = Perpindahan (meter)

$\theta$  = Sudut antara gaya dan perpindahan

Berdasarkan rumusan di atas, Jadi ada dua faktor yang mempengaruhi besar kecilnya ukuran usaha yang dilakukan, yaitu (1) besar gaya yang dilakukan, dan (2) perpindahan yang dialami akibat gaya tersebut. Untuk kasus

sederhana seandainya gaya yang dilakukan tetap dan gerak yang terjadi lintasannya lurus searah gaya, usaha didefinisikan sebagai perkalian gaya dengan jarak perpindahannya.

$$W = F \cdot d$$

$W =$  Usaha (J)

$F =$  Gaya (N)

$d =$  Perpindahan (m)

Satuan usaha dinyatakan oleh kombinasi satuan gaya (N) dan satuan perpindahan (m). Satuan usaha adalah newton-meter (N.m) yang juga di sebut joule (J). Satu joule usaha adalah satuan usaha yang terjadi bila sebuah gaya 1 N digunakan untuk memindahkan benda sejauh 1 meter. Untuk ukuran yang lebih besar digunakan satuan kilojoule (kJ = seribu joule) atau mega joule (MJ = sejuta joule).

Berdasarkan rumusan di atas dapat dijelaskan mengapa seseorang yang mendorong tembok dikatakan tidak melakukan gaya. Sebesar apapun gaya yang dilakukan, karena tembok tidak berpindah maka perkalian antara gaya dan perpindahan juga menghasilkan nol. Berdasarkan persamaan ini dapat pula dijelaskan mengapa seseorang yang membawa beban berjalan beberapa meter (Gambar 8.2) juga dikatakan tidak melakukan usaha. Hal ini karena arah gaya yang diberikan tegak lurus dengan arah perpindahan sehingga perkalian vektornya juga sama dengan nol.



**Gambar 8.2 Membawa Benda Tidak Melakukan Usaha**

Contoh soal

Seorang anak menarik balok kayu yang massanya 1 kilogram dengan tali yang membentuk sudut  $60^\circ$  terhadap arah gerak balok. Gaya yang dilakukan oleh anak adalah 10 N. Jika gaya gesekan balok dan lantai diabaikan dan balok bergeser sejauh 10 m berapakah usaha yang dilakukan oleh anak itu?

$$F = 10 \text{ N}$$

$$d = 10 \text{ m}$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

$$= 10 \cdot 10 \cdot \cos 60^\circ = 50 \text{ Joule}$$

Jadi usaha yang dilakukan oleh anak terhadap balok kayu adalah 50 Joule.

Dalam fisika juga dikenal adanya usaha negatif. Hal ini terjadi jika gaya yang dilakukan pada benda berlawanan arah dengan arah gerakan benda. Sebagai contoh jika kita mengerem mobil, gaya gesekan mobil berlawanan arah dengan perpindahan mobil.



**Gambar 8.3 Gaya Rem Mobil Melakukan Usaha Negatif**

## B. Usaha dan Perubahan Energi

Usaha memiliki kaitan yang erat dengan perubahan energi. Hal ini disebut dengan teori usaha-energi. Jika kita melakukan usaha pada benda, maka benda akan mengalami perubahan energi misalnya perubahan energi kinetik atau perubahan energi potensial.

Pada sebuah benda yang massanya 1 kg dikenai usaha maka benda tersebut akan mengalami perubahan energi. Sebagai contoh dengan memberikan gaya angkat pada benda, maka benda yang mula-mula berada pada kedudukan tepat di atas permukaan tanah ( $h=0$ ) akan berpindah pada kedudukan lain yaitu pada ketinggian 10 m ( $h=10\text{m}$ ). Dengan demikian benda akan mengalami perubahan energi potensial yang besarnya sebagai berikut.

$$W = \Delta EP$$

$$= m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

$$= 1 \cdot 10 \cdot 10 = 100 \text{ Joule}$$

Jadi usaha yang dilakukan oleh gaya angkat adalah sebesar 100 Joule.

Jika benda dikenakan usaha, benda juga bisa mengalami perubahan energi kinetik. Besarnya usaha yang dilakukan sama dengan perubahan energi kinetik yang terjadi. Misalnya sebuah benda yang massanya 1 kilogram mula-mula dalam keadaan diam. Karena usaha yang dilakukan, kecepatan benda

menjadi 10 m/s. Usaha yang dilakukan dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W &= \Delta E_k \\ &= \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \\ &= \frac{1}{2} 1 \ 10^2 - \frac{1}{2} 1 \ 0^2 \\ &= 50 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Jadi usaha yang dilakukan adalah sebesar 50 Joule

### C. Daya

Dalam definisi usaha di atas, tidak dibahas berapa lama melakukan usaha tersebut. Sejumlah usaha yang sama, misalnya mengangkat beban ke lantai atas, bisa dilakukan dengan berjalan biasa atau bisa dengan cara berlari. Mengapa kalau dilakukan dengan berlari kita akan lebih capai, daripada dengan hanya berjalan biasa. Untuk memahami ini kita harus mengetahui yang disebut dengan daya. Daya adalah sama dengan jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu.

Mesin yang berdaya besar mampu melakukan usaha yang sangat cepat. Misalnya, mobil yang berdaya dua kali lebih besar tidak selalu berarti mampu menghasilkan usaha dua kali lebih besar, tapi dengan daya dua kali lebih besar, dapat melakukan usaha yang sama dalam waktu setengah kalinya. Kelebihan mobil berdaya besar tersebut adalah dari percepatan yang dihasilkannya. Jadi, untuk mencapai laju tertentu dapat dilakukan dengan waktu yang pendek.

Contoh lain untuk memahami daya adalah sebagai berikut. Satu liter (l) bahan bakar dapat menghasilkan sejumlah usaha tertentu, tapi daya dapat menghasilkan usaha tersebut dengan membakarnya bergantung pada berapa cepat bahan bakar tersebut terbakar. Mungkin saja pada mobil, satu liter bahan bakar mampu menghasilkan daya 50 satuan dalam setengah jam, atau setara dengan 90.000 satuan daya dalam satu detik yang dihasilkan oleh pesawat boeing 747.

Satuan daya adalah joule/detik (J/s), yang juga dikenal dengan Watt (sebagai penghargaan kepada James Watt, pembuat mesin uap). Satu Watt dikeluarkan jika 1 joule usaha dilakukan dalam 1 detik. Satu kilowatt sama dengan 1000 Watt. Satu megawatt sama dengan satu juta watt. Amerika dikenal pula satuan dayakuda (*horse power*). Satu daya kuda sama dengan sekitar  $\frac{3}{4}$  kilowatt, jadi mesin dengan 134 daya kuda sama dengan mesin 100 Kw.



**Contoh**

Katakanlah ada mobil ajaib yang mampu menghasilkan energi 40 megajoule per liter bahan bakar. Jika hambatan udara dan gaya-gaya gesekan pada mobil sebesar 2000 N. Berapa batas jarak yang dapat ditempuh oleh setiap liter bahan bakar yang dikeluarkan pada percepatan ini?

Dari definisi usaha = gaya x perpindahan, berarti jarak = usaha/gaya. Jika dalam 1 liter bahan bakar terdapat energi 40 juta joule digunakan untuk usaha melawan hambatan udara dan gesekan, maka

$$\text{Jarak} = \frac{\text{Usaha}}{\text{Gaya}} = \frac{40000000 \text{ J}}{2000 \text{ N}} = 20000 \text{ m/l} = 20 \text{ km/l}$$

**Contoh**

Berapa usaha yang dilakukan pada sebuah ember seberat 200 N saat Anda membawa ember mendatar sepanjang 10 m? Berapa usaha yang dilakukan saat mengangkat setinggi 1 m? Berapa daya yang dikerahkan saat mengangkat ember tersebut dalam waktu 1 detik? Berapa energi potensial ember tersebut di tempat ember tersebut diangkat?

**Jawaban**

Usaha yang dilakukan untuk kasus pertama adalah nol karena arah perpindahan ember tidak merupakan akibat gaya yang arahnya tegak. Dengan kata lain arah gaya tegak lurus terhadap arah perpindahan benda.

Usaha yang dilakukan jika mengangkat benda tersebut 1 meter adalah 200 J. Didapatkan dari  $F \times d = 200 \text{ N} \cdot 1 \text{ meter} = 200 \text{ N.m.}$  atau 200 J. Besarnya energi kinetik yang dimiliki benda sifatnya relatif. Bergantung pada acuan yang dipilih, bila diukur dari lantai berarti 200 J. Namun bila terhadap acuan lain, harganya akan berbeda.

**Rangkuman**

1. Usaha adalah perkalian vektor besaran gaya dengan jarak.
2. Usaha dapat negatif dan dapat positif.
3. Usaha dapat dirumuskan  $W = F \cdot d \cos \theta$ .
4. Teori usaha energi menyebutkan bahwa besarnya usaha yang dilakukan sama dengan perubahan energi yang dialami oleh benda.
5. Daya adalah jumlah usaha yang dilakukan tiap satuan waktu

## Lembar PowerPoint 8.3



# USAHA

## Demonstrasi

- Hal-hal mana sajakah yang tergolong melakukan usaha atau kerja?



2

## KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep usaha dan aplikasinya

3

## INDIKATOR

- menjelaskan pengertian usaha,
- menghitung usaha yang dilakukan suatu benda,
- menjelaskan hubungan antara usaha dan energi,
- membedakan usaha dengan daya, dan
- menerapkan konsep daya.

4

## Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Ceramah
- Kerja kelompok
- Presentasi
- Penguatan dan tanya jawab
- Ilustrasi
- Curah pendapat
- Penguatan dan tanya jawab
- Refleksi

5

## Usaha

- Perkalian vektor antara gaya dan perpindahannya

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

- W = Usaha (Joule)
- F = Gaya (Newton)
- d = Perpindahan (meter)
- $\theta$  = Sudut antara gaya dan perpindahan

6

### Usaha= nol

- Jika tidak terdapat perpindahan
- Jika perpindahan tegak lurus dengan gaya



7

### Usaha Negatif

- Perpindahan berlawanan dengan arah gaya
- Misalnya gaya rem mobil



8

### Kerja Kelompok

- Kelas dibagi menjadi 6 kelompok
- Kelompok ganjil bekerja dengan panduan LK 10.1.A
- Kelompok genap bekerja dengan panduan LK 10.1.B

9

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil-hasil diskusi

10

### Usaha dan Energi

- Usaha dapat menimbulkan perubahan energi pada suatu benda



11

### Usaha dan Energi Kinetik

$$W = \Delta E_k$$

$$= \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

12

### Usaha dan Energi Potensial

$$W = \Delta E_p$$

$$= mgh_2 - mgh_1$$

13

### Mana yang lebih kuat?



14

### Curah Pendapat

- Apakah yang dimaksud dengan daya?
- Bagaimana hubungan daya dengan usaha?



15

### Daya

- Jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu
- Mesin yang berdaya besar mampu melakukan usaha yang sangat cepat

16

### Daya

- $P = W/t$
- Satuan J/s atau Watt



18

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

19

## Lembar Penilaian 8.4



### A. Tes Tulis

Petunjuk: Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Seorang atlet menahan barbel 100 kg dalam waktu 3 menit. Atlet tersebut melakukan usaha sebesar ....
 

A. 1000 joule	D. Nol
B. 100 joule	E. 300 joule
C. 33.3 joule	
2. Semua satuan di bawah ini menyatakan suatu usaha, KECUALI...
 

A. Nm	D. Watt/detik
B. Dyne cm	E. Joule/detik
C. Kilowatt-hour	
3. Usaha yang dilakukan saat gaya 1 N digunakan untuk menggeser buku 2 meter adalah....
 

A. Nol.	D. 20 Joule
B. 2 N.m	E. 0,5 Joule
C. 0.5 N.m	
4. Soal 3, pekerjaan tersebut dilakukan dalam waktu 1 S. Daya yang dilakukan gaya tersebut adalah....
 

A. Nol	D. 20 watt
B. 2 Watt	E. 10 watt
C. 0,5 watt	
5. Mana yang lebih besar usaha yang diperlukan, mengangkat 50 kg karung secara tegak setinggi 2m atau mengangkat karung 25 kg setinggi 4m?
 

A. Usaha mengangkat karung 50kg lebih besar	
B. Usaha mengangkat karung 50kg lebih besar	
C. Sama besar	
D. Keduanya nol	E. Tidak tentu
6. Secara sederhana yang dimaksud daya adalah....
 

A. Usaha dikali waktu	D. Energi yang digunakan
B. Laju melakukan usaha	E. Jauh dekatnya melakukan usaha
C. Lama usaha dilakukan	

### **Kunci Jawaban Tes Formatif**

1. D
2. E
3. B
4. D
5. C
6. B

## Daftar Pustaka

- Departemen Agama RI.1979. *Al-Quran dan terjemahannya*. Jakarta
- Hariadi, Ichwan.1989. *Dasar-dasar Magnetitisme*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Hewit, Paul G. 1993. *Conseptual Physics*. Seventh Edition. Harper  
ollinsCollege Publisher
- Muslim, dkk. 2006. *Konsep Dasar Fisika*. Bandung: Universitas Pendidikan  
Indonesia.
- Nugraha, Ahmad. 2006. Diktat Kuliah Konsep Dasar IPA. Tasikmalaya:tidak  
dipublikasikan
- Sumardi, Yosaphat,dkk. 2002. *Konsep dasar IPA 1*. Jakarta: Pusat Penerbitan  
Universitas Terbuka
- Tipler, Paul A (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jilid 1. Jakarta: Penerbit  
Erlangga

## Paket 9

# PESAWAT SEDERHANA

## Pendahuluan



Pada Paket 9 ini akan dibahas materi pesawat sederhana, salah satu materi IPA yang akan diajarkan di Madrasah Ibtidaiyah. Materi pesawat sederhana terkait erat dengan materi usaha yang telah didiskusikan pada paket sebelumnya.

Pada awal kegiatan dosen mendemonstrasikan keuntungan penggunaan pesawat sederhana dalam kehidupan sehari-hari sebagai motivasi. Setelah itu dosen menyampaikan kompetensi dasar, indikator dan langkah perkuliahan. Pengertian pesawat sederhana dibangun melalui kegiatan curah pendapat, diskusi kelas dan penguatan dosen. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi melakukan eksperimen dan diskusi kelompok untuk membangun konsep keuntungan mekanik dengan dipandu LK 9.1. Setelah memberikan penguatan dosen meminta mahasiswa-mahasiswi untuk merefleksikan kegiatan perkuliahan dan memberikan tugas terstruktur.

Perkuliahan ini memerlukan beberapa piranti seperti contoh-contoh pesawat sederhana. Kegiatan eksperimen juga membutuhkan set eksperimen yang perlu dipersiapkan sebelumnya.



## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menerapkan konsep energi dan usaha dan aplikasinya.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. menjelaskan pengertian pesawat sederhana,
2. mengidentifikasi jenis-jenis pesawat sederhana, dan
3. menjelaskan keuntungan mekanik dalam menggunakan pesawat sederhana.

### Waktu

2 x 50

### Materi Pokok

1. Pesawat Sederhana
2. Jenis-jenis Pesawat Sederhana
3. Keuntungan Mekanik

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 9.1
2. Lembar Uraian Materi 9.2
3. Lembar *PowerPoint* 9.3
4. Lembar Penilaian 9.4
5. Alat dan Bahan : LCD dan Komputer (disiapkan dosen sendiri)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen menggunakan gambar seseorang yang menggunakan pesawat sederhana dan mendemonstrasikan cara membuka tutup botol minuman dengan menggunakan alat pembuka botol sebagai motivasi.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 9.3
5'	2. Mahasiswa-mahasiswi diberikan kesempatan untuk mengungkapkan pendapatnya tentang demonstrasi yang dilakukan dan gambar alat yang ditunjukkan.	Tanya Jawab	
3'	3. Dosen menyampaikan pentingnya perkuliahan dan langkah-langkah perkuliahan yang akan dilakukan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 9.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
10'	1. Dosen meminta mahasiswa menyampaikan gagasannya tentang benda-benda yang memudahkan kerja.	Curah Pendapat	<i>Slide PowerPoint</i> 9.3
10'	2. Dosen mengajak mahasiswa menyimpulkan tentang pengertian pesawat sederhana.	Diskusi Kelas	<i>Slide PowerPoint</i> 9.3
15'	3. Dosen memberikan penguatan tentang pengertian pesawat sederhana dan memberikan kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya.	Ceramah Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 9.3
20'	4. Mahasiswa-mahasiswi bereksperimen dan berdiskusi kelompok untuk membahas LK 9.1 dan dosen membantu penyelidikan kelompok.	Diskusi Kelompok	LK 9.1 dan Uraian Materi 9.2
15'	5. Setiap kelompok mempresentasikan hasil diskusi,	Presentasi	Kertas plano dan spidol

1	2	3	4
10'	kelompok yang lain menanggapi. 6. Dosen memberikan penguatan materi tentang keuntungan mekanis.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 9.3
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa dan mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai materi yang didiskusikan.	Presentasi	Kertas plano dan spidol
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas kepada mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan lembar penilaian 9.4.	Penugasan	Penugasan 9.1

## Lembar Kegiatan 9.1



# PESAWAT SEDERHANA

### Pengantar

Dengan memanfaatkan pesawat kita akan mengalami atau mendapatkan keuntungan mekanik. Dalam kegiatan ini mahasiswa-mahasiswi dapat mengamati keuntungan mekanik khususnya pada penggunaan pengungkit.

### Tujuan

Mempelajari pengaruh gaya terhadap banyaknya gaya yang diperlukan

### Alat dan Bahan

- Sebuah model pengungkit
- Empat buah beban masing-masing 15 gram

### Langkah Kegiatan

1. Gantungkan sebuah beban 15 gram sebagai gaya angkat!
2. Gantungkan dua buah beban 15 gram sebagai beban!
3. Aturilah titik tumpu sehingga pengungkit setimbang!
4. Catat berapa jarak kuasa dan jarak bebannya!
5. Ulangi kegiatan ini untuk kemungkinan kombinasi beban dan gaya angkat yang lain!
6. Analisis dan laporkan hasil yang didapatkan secara kreatif di kertas plano!

## Uraian Materi 9.2



# PESAWAT SEDERHANA

### A. Pesawat Sederhana

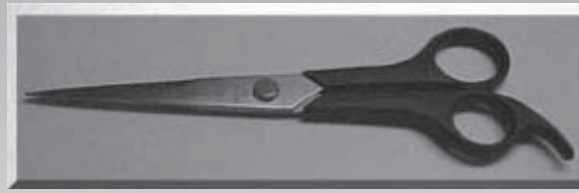
Kerja atau usaha merupakan kegiatan yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Membawa barang-barang dari lantai bawah ke lantai atas, mendorong kereta bayi, dan memindahkan barang-barang merupakan beberapa contoh usaha yang harus dilakukan. Bentuk usaha semacam itu umumnya dilakukan secara berulang-ulang setiap harinya.

Untuk memudahkan melakukan berbagai usaha dan kerja, manusia menciptakan peralatan yang disebut dengan mesin atau pesawat. Mesin pompa air, eskalator, traktor (Gambar 9.1) adalah beberapa mesin atau pesawat yang sering ditemui dalam kehidupan. Dengan adanya mesin atau pesawat ini berbagai kerja dan usaha dapat dilakukan dengan jauh lebih mudah dan lebih cepat. Dalam fisika, mesin atau pesawat ini dikenal dengan pesawat rumit. Perlu ditegaskan bahwa pesawat tidak mengurangi usaha melainkan hanya mempermudah melakukan usaha.



**Gambar 9.1 Contoh Pesawat Rumit**

Beberapa di antara pesawat atau mesin tersebut merupakan perangkat yang sederhana. Gunting, pembuka botol, obeng, dan sekrup adalah beberapa contohnya. Perbedaan utama pesawat sederhana dan pesawat rumit adalah pada komponennya. Pesawat sederhana umumnya terdiri atas satu piranti, sedangkan pesawat rumit merupakan kumpulan dari beberapa pesawat sederhana yang membentuk sistem tertentu. Pada bagian ini pembahasan akan difokuskan pada pesawat sederhana.



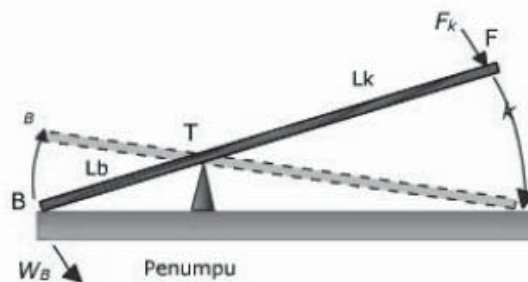
**Gambar 9.2 Contoh Pesawat Sederhana**

### A. Jenis-Jenis Pesawat Sederhana

Berdasarkan jenisnya, pesawat sederhana dikelompokkan menjadi empat, yaitu tuas (pengungkit), bidang miring, katrol, dan roda poros.

#### Pengungkit atau Tuas

Pengungkit atau tuas adalah pesawat sederhana seperti terlihat pada Gambar 9.3. Ada tiga titik penting yang perlu kita ketahui dalam penggunaan pengungkit, yaitu titik kuasa (K), titik tumpu (T), dan titik beban (B). Titik kuasa adalah tempat kita memberi gaya untuk mengangkat, sedangkan titik beban adalah tempat beban yang berat terletak. Jarak untuk T ke K disebut jarak kuasa, sedangkan dari T ke B disebut jarak beban.



**Gambar 9.3 Pengungkit atau Tuas**

Banyak peralatan yang kita gunakan sehari-hari yang menggunakan prinsip pengungkit. Berbagai peralatan tersebut adalah: gunting, sekop, timbangan, pembuka tutup botol, dan timbangan gantung. Gambar 9.4 di bawah ini merupakan salah satu contoh kegiatan yang menggunakan prinsip pengungkit.



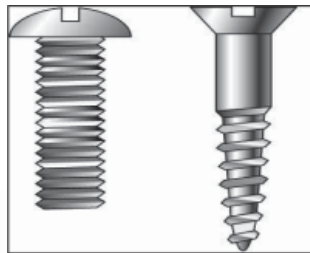
**Gambar 9.4 Penggunaan Pengungkit pada Pintu**

### Bidang Miring

Bayangkan jika rumah susun kita tidak memiliki tangga. Tentu akan susah sekali untuk berpindah dari satu lantai ke lantai lain. Tangga merupakan salah satu contoh bidang miring yang juga tergolong pesawat sederhana. Peralatan lain yang biasa kita gunakan sehari-hari banyak yang menggunakan prinsip bidang miring misalnya sekrup, eskalator, pisau, papan untuk mengangkat benda berat ke dalam truk, dan bor kayu. Gambar 9.5 dan 9.6 menunjukkan penggunaan bidang miring.



Gambar 9.5 Bidang miring untuk berbagai keperluan



Gambar 9.6 Sekrup

### Roda dan Poros

Perhatikanlah roda yang tertempel pada tempat sampah sebagaimana Gambar 9.7 dibawah. Meskipun sederhana, roda memiliki peranan yang penting. Jika tanpa roda, kita akan kesulitan untuk memindahkan tempat sampah tersebut.



Gambar 9.7 Roda pada tempat sampah

Beberapa contoh penggunaan roda ditunjukkan pada Gambar 9.8 di bawah.



**Gambar 9.8 Roda dan penggunaannya**

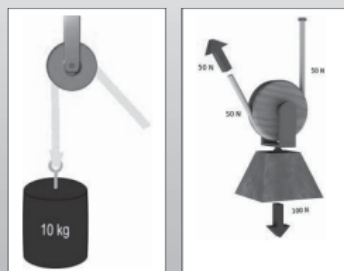
### C. Katrol

Katrol (Gambar 9.9) merupakan pesawat sederhana yang lain. Penggunaan katrol dapat mempermudah pekerjaan kita sehari-hari. Dengan menggunakan sistem katrol kita dapat mengangkat beban yang berat dengan lebih mudah dan mengarahkan gaya yang lebih kecil. Sebelum ditemukannya pompa air masyarakat menggunakan katrol untuk mempermudah menimba air dari sumur.



**Gambar 9.9 Mengangkat Benda dengan Katrol**

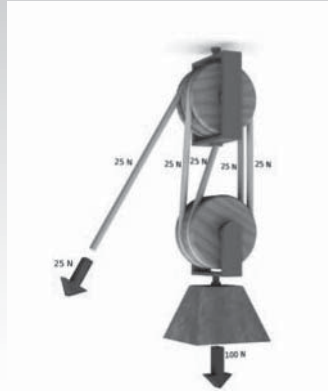
Berdasarkan cara penggunaan dan posisi katrol, katrol dapat dibedakan atas katrol tetap dan katrol bergerak. Dikatakan sebagai katrol tetap jika kita dapat memindahkan benda dengan katrol tersebut namun katrol tetap pada tempatnya. Sementara pada katrol bergerak, katrol ikut bergerak sementara beban berpindah (Gambar 9.10).



**Gambar 9.10 Katrol Tetap dan Katrol Bergerak**



Berdasarkan jumlah katrol yang digunakan, katrol dapat dibedakan atas katrol tunggal (dengan satu roda) dan katrol majemuk (dengan dua roda atau lebih). Katrol majemuk disebut juga blok katrol. Penggunaan katrol majemuk seperti pada Gambar 9.11 akan lebih menguntungkan dan gaya yang diperlukan menjadi jauh lebih kecil.



**Gambar 9.11 Katrol Majemuk**

### **Keuntungan Mekanik Pesawat Sederhana**

Bila kita menggunakan pembuka botol untuk membuka tutup botol minuman (Gambar 9.12), kita mengangkat pegangan dari pembuka botol itu. Ini berarti kita melakukan usaha pada pembuka botol tersebut. Sedangkan pembuka tersebut mengangkat tutup botol dan melakukan usaha padanya. Usaha yang kita lakukan disebut usaha masukan,  $W_i$ . Usaha yang dilakukan pesawat disebut usaha keluaran,  $W_o$ .



**Gambar 9.12 Membuka Botol**

Adapun gaya yang kita kerahkan pada pesawat disebut gaya kuasa,  $F_k$ . Sementara gaya yang dikerahkan pesawat terhadap beban disebut gaya beban,  $F_b$ . Perbandingan gaya beban terhadap gaya kuasa,  $F_b/F_k$ , disebut keuntungan mekanik,  $KM$ , pesawat tersebut. Hal ini dirumuskan:

$$KM = \frac{F_b}{F_k}$$

Keuntungan mekanik pesawat juga dapat dihitung dengan menggunakan definisi usaha. Usaha masukan,  $W_i$ , adalah hasil kali gaya kuasa,  $F_k$ , dengan perpindahan tangan kita,  $dk$ , atau dinyatakan dengan rumus:

$$W_i = F_k dk$$

Usaha keluaran,  $W_o$ , adalah hasil kali gaya beban,  $F_b$ , dengan perpindahan beban,  $db$ ,

$$W_o = F_b db$$

Untuk pesawat yang ideal, tidak ada gaya disipasi (tidak ada energi yang diubah menjadi energi panas karena gesekan) sehingga

$$W_i = W_o$$

$$F_k dk = F_b db$$

Persamaan ini dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$\frac{F_b}{F_k} = \frac{dk}{db}$$

Jadi, untuk pesawat yang ideal kita dapat menentukan keuntungan mekanik ideal,  $KMI$ , yaitu:

$$KMI = \frac{dk}{db}$$

### Efisiensi Pesawat Sederhana

Pada pesawat yang sebenarnya, tidak semua usaha masukan menjadi usaha keluaran (sebagian menjadi energi panas). Efisiensi sebuah pesawat didefinisikan sebagai perbandingan usaha keluaran terhadap usaha masukan, atau

$$\text{efisiensi} = \frac{W_o}{W_i} \times 100\%$$

Untuk pesawat ideal,  $W_o = W_i$  sehingga  $W_o / W_i = 1$ , dan efisiensinya 100%. Kita dapat pula menyatakan efisiensi dalam bentuk keuntungan mekanik berikut.

$$\text{efisiensi} = \frac{F_b / F_k}{d_k / d_b} \times 100\%$$

$$\text{efisiensi} = \frac{KM}{KMI} \times 100\%$$

KMI sebuah pesawat ditentukan oleh rancangan pesawat itu. Pesawat yang efisien memiliki KM yang hampir sama dengan KMI.

### Latihan

1. Sebutkan jenis-jenis pesawat sederhana?
2. Jelaskan contoh-contoh konkrit jenis-jenis pesawat sederhana?
3. Jelaskan berbagai kemudahan dengan menggunakan pesawat sederhana ditinjau dari segi gaya dan usaha yang dilakukan?
4. Jelaskan pengertian gaya beban dan gaya kuasa!
5. Jelaskan pengertian keuntungan mekanik pesawat sederhana! Tulis rumusan matematikanya!
6. Jelaskan pengertian efisiensi pesawat sederhana! Tulis rumusan matematikanya!

## Rangkuman

1. Pesawat adalah piranti yang memudahkan kita melakukan usaha.
2. Berdasarkan jenisnya pesawat sederhana dikelompokkan menjadi empat, yaitu tuas (pengungkit), bidang miring, katrol, dan roda poros.
3. Peralatan sehari-hari banyak yang menggunakan prinsip pengungkit. Berbagai peralatan tersebut adalah: gunting, sekop, timbangan, pembuka tutup botol, dan timbangan gantung.
4. Peralatan yang biasa kita gunakan sehari-hari banyak menggunakan prinsip bidang miring. Misalnya sekrup, eskalator, gunting, pengangkat benda berat ke dalam truk dengan papan diletakkan miring, dan bor kayu.
5. Peralatan yang biasa kita gunakan kebanyakan menggunakan prinsip katrol misalnya untuk menimba air di sumur digunakan timba yang diikat dengan seutas tali karet yang dikaitkan dengan katrol.
6. Contoh peralatan yang menggunakan prinsip roda dan poros adalah mesin jahit dan alat untuk menimba air dengan menggunakan roda untuk memutar tali karet yang tergulung pada poros.
7. Penggunaan pesawat sederhana dapat menghemat gaya, tetapi tidak dapat menghemat usaha atau energi yang dikeluarkan.
8. Perbandingan gaya beban terhadap gaya kuasa,  $F_b/F_k$ , disebut keuntungan mekanik (KM) pesawat.

$$KM = \frac{F_b}{F_k}$$

9. Keuntungan mekanik ideal, KMI, yaitu:

$$KMI = \frac{d_k}{d_b}$$

Dengan ketentuan  $d_k$  adalah perpindahan tangan kita, dan  $d_b$  adalah perpindahan beban.

10. Efisiensi sebuah pesawat didefinisikan sebagai perbandingan usaha keluaran terhadap usaha masukan, atau

$$\text{efisiensi} = \frac{W_o}{W_i} \times 100\%$$

11. Efisiensi dapat dinyatakan dalam bentuk lain, yakni

$$\text{efisiensi} = \frac{\text{KM}}{\text{KMI}} \times 100\%$$

12. Pesawat yang efisien memiliki KM yang hampir sama dengan KMI.

## Lembar PowerPoint 9.3



### PESAWAT SEDERHANA

#### Demonstrasi

- Kegiatan manakah yang melakukan kerja atau usaha dengan lebih mudah?



#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep usaha dan aplikasinya

3

#### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian pesawat sederhana,
- mengidentifikasi jenis-jenis pesawat sederhana, dan
- menjelaskan keuntungan mekanik dalam menggunakan pesawat sederhana.

4

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Curah Pendapat
- Diskusi kelas
- Penguatan dan tanya jawab
- Eksperimen
- Presentasi
- Penguatan dan tanya jawab
- Refleksi

5

#### Curah Pendapat

- Identifikasilah benda-benda dalam kehidupan sehari-hari yang dapat mempermudah kerja

6

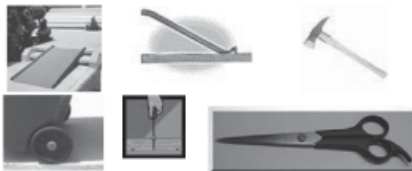
### Diskusi Kelas

- Berdasarkan contoh-contoh yang telah disebutkan, apakah sesungguhnya pesawat sederhana itu?

### Pesawat

- Berbagai peralatan yang dapat mempermudah dan mempercepat kerja

### Pesawat Sederhana



- Sebuah alat tunggal yang dapat mempermudah dan mempercepat kerja

### Pesawat rumit



- Perpaduan berbagai pesawat sederhana membentuk pesawat rumit

### Macam Pesawat Sederhana

- Pengungkit
- Bidang miring
- Roda
- Katrol

### Pengungkit



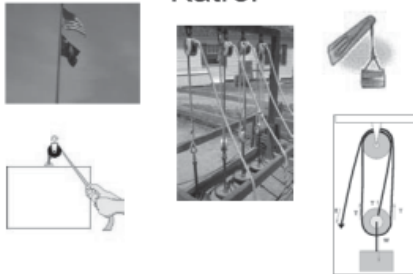
### Bidang Miring



### Roda



### Katrol



### Diskusi Kelompok

- Kelas dibagi menjadi 6 kelompok
- Kelompok-kelompok bekerja dengan panduan LK 9.1

16

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil-hasil diskusi

17

### Keuntungan Pesawat Sederhana

- Pesawat sederhana tidak mengurangi besarnya usaha
- Pesawat sederhana memperkecil gaya

18



### Keuntungan Pesawat Sederhana

- $KM = \frac{F_b}{F_k}$
- $KM = \text{Keuntungan mekanis}$
- $F_b = \text{Gaya Beban}$
- $F_k = \text{Gaya Kuasa}$

19

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

20

### Tindak lanjut

- Kerjakan Lembar Penilaian 9.4 di rumah.
- Pelajari paket berikutnya

21

### Terima Kasih

22

## Lembar Penilaian 9.4



### A. Tes tulis

1. Tentukan definisi tentang pesawat sederhana!
2. Jelaskan berbagai jenis pesawat sederhana? dan kaitkan dengan gaya dan usaha atau energi yang diperlukan!
3. Jelaskan berbagai contoh konkret tentang berbagai jenis pesawat sederhana!
4. Bagaimanakah pengaruh penggunaan berbagai jenis pesawat sederhana terhadap besarnya gaya yang diperlukan!
5. Jelaskan kemudahan yang bisa kita dapatkan bila kita menggunakan pesawat sederhana dalam kegiatan sehari-hari!
6. Jelaskan tentang keuntungan mekanik pesawat sederhana!
7. Tentukan keuntungan mekanik pesawat sederhana dengan menggunakan definisi usaha!
8. Bagaimanakah upaya yang harus dilakukan agar pesawat lebih efisien!
9. Jelaskan keuntungan dengan menggunakan berbagai jenis pesawat sederhana dalam melakukan kegiatan sehari-hari!
10. Berdasarkan hasil percobaan membuka tutup botol dengan menggunakan alat pembuka botol, diperoleh data gaya yang kita kerahkan pada pesawat sebesar 3 N. sedangkan gaya yang dikerahkan pesawat terhadap beban 10 N. Sementara jarak perpindahan tangan kita sebesar 15 N dan jarak perpindahan beban sebesar 5 N. Tentukan keuntungan mekanik dan keuntungan mekanik ideal pesawat tersebut!
11. Berdasarkan soal no 11 di atas, tentukan efisiensi pesawat tersebut!

## Daftar Pustaka

Suryanti. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: UNESA University Press.

Wismoyo, J. 2004. *Gembira Belajar Sains 5*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.

Tim Universitas Terbuka. *Pendidikan IPA*. Jakarta: Universitas Terbuka.

Prasodjo, B. 2006. *Fisika Kelas VIII*. Bogor: Penerbit Yudhistira.

## Paket 10

# MOMENTUM DAN IMPULS

## Pendahuluan



Perkuliahan pada paket kali ini difokuskan pada materi tentang momentum dan impuls. Pada pembahasan materi ini, diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat menguasai prinsip momentum dan impuls dalam fisika dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat kaitan antara konsep momentum dan impuls yang akan dipelajari dengan konsep hukum Newton dan Energi yang telah dibahas pada paket sebelumnya.

Pada awal perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi dimotivasi untuk mempelajari konsep momentum dan impuls dengan meminta mahasiswa-mahasiswi untuk mencermati kasus menendang bola. Setelah menyampaikan tujuan dan langkah perkuliahan dosen mendemonstrasikan gambar benda-benda bergerak dan meminta mahasiswa untuk menyampaikan pemahamannya tentang momentum. Selanjutnya dosen memberikan penguatan tentang momentum. Langkah berikutnya, mahasiswa berdiskusi tentang hubungan impuls dengan momentum dan berbagi pengalaman hasil diskusi. Untuk menegaskan hubungan momentum dan impuls, dosen memberikan penguatan dan memberi kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya. Akhirnya dosen meminta mahasiswa untuk mengerjakan Lembar Penilaian 10.4.

Penyiapan LCD proyektor dan laptop cukup penting dalam perkuliahan ini untuk mengaktifkan perkuliahan. Mahasiswa-mahasiswi sebaiknya juga disarankan untuk membaca uraian materi terlebih dahulu.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi dasar

Mahasiswa-mahasiswi menerapkan konsep usaha dan aplikasinya.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian momentum,
2. menjelaskan pengertian impuls,
3. menganalisis hubungan momentum dan impuls, dan
4. menerapkan konsep momentum dan Impuls.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Momentum
2. Impuls
3. Penerapan momentum dan impuls

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 10.1
2. Lembar Uraian 10.2
3. Lembar *PowerPoint* 10.3
4. Lembar Penilaian 10.4
5. Alat dan Bahan LCD, dan komputer

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Awal</b> 1. Dosen menampilkan gambar seseorang yang menendang bola: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mengapa menendang bola tanpa menggunakan sepatu terasa lebih sakit dibanding menggunakan sepatu?</li> </ul>	Demonstrasi dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 10.3
5'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan dan langkah-langkah perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 10.3
3'	<b>Kegiatan Inti</b> 1. Dosen mendemonstrasikan gambar-gambar yang menunjukkan perbedaan gerak benda.	Demonstrasi	<i>Slide PowerPoint</i> 10.3
7'	2. Dosen meminta mahasiswa-mahasiswi mengungkapkan pemahamannya tentang konsep momentum.	Curah Pendapat	
10'	3. Dosen memberikan penjelasan tentang konsep momentum dan contoh-contoh penerapannya.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 10.3
20'	4. Mahasiswa-mahasiswi bekerja kelompok dengan panduan LK 10.1.	Kerja Kelompok	Lembar Kegiatan 10.1
10'	5. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil-hasil diskusinya.	Presentasi	
15'	6. Dosen menjelaskan tentang impuls dan teorema Impuls-momentum.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 10.3
15'	7. Dosen meminta mahasiswa mengerjakan lembar penilaian 10.4.	Penilaian	Lembar Penilaian 10.4

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen bersama mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang konsep usaha.	Presentasi	
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mempelajari paket berikutnya.	Ceramah/ Penjelasan	

**Lembar Kegiatan 10.1**

# Momentum dan Impuls

**Tujuan**

Menjelaskan pengertian Impuls

Menjelaskan hubungan antara momentum dan impuls

**Alat dan Bahan**

Uraian materi 10.2

Kertas plano

Spidol

**Langkah Kegiatan**

- 1 Bacalah uraian materi 10.2 pada bagian impuls!
- 2 Jelaskan yang dimaksud dengan impuls!
- 3 Jabarkan hubungan antara perubahan momentum dengan impuls!
- 4 Berikanlah contoh perhitungan perubahan momentum dan impuls!
- 5 Tuliskan hasil kerja kelompok Anda secara kreatif di kertas plano!
- 6 Persiapkan salah satu anggota kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi!



## Uraian Materi 10.2



# MOMENTUM DAN IMPULS

## A. Momentum

Perhatikanlah kendaraan yang melaju cepat pada Gambar 10.1. Perbedaan apakah yang dapat kita amati jika dibandingkan dengan kendaraan yang diam? Pada pembahasan paket sebelumnya telah diketahui bahwa massa yang bergerak dengan kecepatan tertentu memiliki energi kinetik. Dalam fisika benda yang bergerak juga memiliki besaran lain yang disebut dengan momentum.



**Gambar 10.1** Kendaraan yang melaju dengan cepat

Momentum merupakan besaran vektor yang merupakan hasil perkalian antara besaran skalar massa dan besaran vektor kecepatan. Hasil perkalian ini merupakan besaran vektor dan biasa diberikan simbol **P**. Arah dari momentum adalah searah besaran kecepatan. Sebagai contoh, katakanlah seorang pengendara dan sepeda motornya sedang melaju ke arah utara dengan kelajuan 10 m/s. Jika massa pengendara dan motornya adalah 150 kg, maka momentum pengendara dan sepeda motor tersebut adalah 1500 kg m/s dan arahnya ke utara.



**Gambar 10.2** Sepeda motor dan pengendaranya

Secara matematis momentum dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P = m v$$

Keterangan:

**P** = Momentum (kg m/s)

**m** = Massa (kg)

**v** = Kecepatan (m/s)

Contoh permasalahan:

Sebuah bola kasti yang massanya 0,3 kg melaju dengan kecepatan 6 m/s.

Tentukan momentum yang dimiliki oleh bola kasti tersebut.

Jawaban

Diketahui:

**m** = 0,3 kg

**v** = 6 m/s

Ditanya **P**?

**P** = **m v** = 0,3 kg.6 m/s = 1,8 kg m/s.

Arah momentum bola kasti adalah searah kelajuan bola kasti.

## A. Impuls

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Pada awalnya, Newton merumuskan gaya sebagai perubahan momentum tiap satuan waktu. Dengan melakukan substitusi, kita dapat menunjukkan bahwa rumusan tersebut sama dengan rumusan yang kita kenal saat ini.

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$F = \frac{P_{Akhir} - P_{Awal}}{\Delta t}$$

$$F = \frac{m.v_{Akhir} - m.v_{Awal}}{\Delta t}$$

$$F = \frac{m.(v_{Akhir} - v_{Awal})}{\Delta t}$$

$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = m.a.$$

Jika kita mengalikan rumusan awal hukum Newton dengan interval waktu, kita akan mendapatkan rumusan sebagai berikut.

$$F \cdot \Delta t = \Delta P.$$

Hasil perkalian gaya dan interval waktu inilah yang disebut dengan impuls. Sama dengan momentum, impuls juga merupakan besaran vektor yang arahnya sama dengan arah gaya. Secara matematis impuls disimbolkan dengan  $I$  dan dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I &= \text{Impuls (Ns)} \\ F &= \text{Gaya (N)} \\ t &= \text{Interval waktu (s)} \end{aligned}$$

Contoh soal

Sebuah bola golf (Gambar 10.3) mendapatkan gaya 5000 N dalam rentang waktu 0,001 detik. Berapakah impuls yang dihasilkan dari interaksi ini?

Diketahui:

$$\begin{aligned} F &= 5000 \text{ (N)} \\ t &= 0,001 \text{ (s)} \end{aligned}$$

Ditanyakan  $I$ ?

$$I = F \cdot t = 5000 \cdot 0,001 = 5 \text{ Ns}$$

Jadi impuls dari interaksi tersebut adalah 5 Ns dengan arah impuls searah dengan gaya.



Gambar 10.3 Bola Golf yang Dikenai Gaya

### C. Hubungan Momentum dan Impuls

Ketika kita mencoba menjabarkan rumusan awal hukum Newton kita menemukan hubungan antara Impuls dengan momentum sebagai berikut.

Jika diuraikan maka akan didapatkan hasil sebagai berikut.

Jadi dapat ditunjukkan bahwa besarnya impuls sama dengan perubahan momentum yang dialami oleh suatu benda. Hal ini dikenal dengan teorema impuls-momentum. Teorema Impuls momentum juga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F \cdot \Delta t = m \cdot v_2 - m \cdot v_1.$$

- F = Gaya (N)  
 t = Interval waktu (s)  
 m = Massa benda (kg)  
 $v_2$  = Kecepatan akhir (m/s)  
 $v_1$  = Kecepatan awal (m/s)

Contoh permasalahan

Seorang mahasiswi berlatih menendang bola yang memiliki massa 2kg. Akibat tendangan tersebut bola yang mula-mula diam akhirnya bergerak dengan kecepatan 40 m/s. Berapakah impuls dari interaksi itu? Jika interval waktu interaksi adalah 0,05 detik, berapakah gaya rata-rata yang diberikan oleh kaki mahasiswi tersebut?

Diketahui:

- m = 2 (kg)  
 $v_2$  = 40 (m/s)  
 $v_1$  = 0 (m/s)  
 t = 0,05 (s)

$$F = \frac{m \cdot v_2 - m \cdot v_1}{t} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 40 \text{ m/s} - 2 \text{ kg} \cdot 0}{0,05 \text{ s}} = 160 \text{ N}$$

Ditanyakan: Impuls dan gaya.

Jawaban

$$I = m \cdot v_2 - m \cdot v_1.$$

Jadi, impuls dari interaksi tersebut adalah 80 kgm/s dengan arah searah gerak bola.

$$F \cdot 0,05 = 80.$$

$$F = 160 \text{ N}.$$

Jadi gaya rata-rata yang diberikan kaki pada bola adalah 160 N dengan arah searah gerakan bola.

Teorema yang menghubungkan impuls dan momentum ini dapat menjelaskan beberapa permasalahan gerak dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, mengapa menendang batu lebih terasa sakit dari pada menendang bola? Bola memiliki kemampuan deformasi yang lebih tinggi dibandingkan batu. Ketika bola ditendang (Gambar 10.4), bola akan berubah bentuk selama beberapa selang waktu untuk kemudian kembali ke bentuk semula. Akibatnya selang waktu menendang bola akan lebih panjang dari pada menendang batu. Secara matematis, dapat dihitung bahwa untuk selang waktu yang panjang gaya yang dihasilkan dalam interaksi menjadi lebih kecil.



**Gambar 10.4** Bola golf yang dikenai gaya

Teorema impuls momentum juga dapat menjelaskan mengapa memakai sabuk pengaman dianjurkan ketika mengendarai mobil Gambar 10.5. Jika tidak menggunakan sabuk pengaman tubuh bisa terhenyak pada *dashboard* mobil dan dihentikan dalam waktu yang sangat singkat. Seseorang akan mengalami gaya tekan *dasboard* mobil kurang lebih 10 kali berat badannya jika dihentikan mendadak pada kelajuan 70 km/jam. Dengan menggunakan sabuk pengaman kecelakaan semacam itu dapat diminimalisasi. Mobil-mobil terbaru selain dilengkapi sabuk pengaman, juga ditambah dengan balon udara yang akan mengembang jika terjadi tabrakan. Sabuk pengaman dan balon udara ini akan meningkatkan waktu interaksi sehingga gaya yang diterima tubuh dapat diminimalisir.



**Gambar. 10.5 Sabuk Pengaman**

### **Rangkuman**

1. Momentum adalah hasil kali besaran massa yang skalar dengan besaran kecepatan yang merupakan besaran vektor.
2. Momentum merupakan besaran vektor.
3. Impuls merupakan perkalian antara gaya dengan interval waktu.
4. Impuls merupakan besaran vektor.
5. Teorema Impuls-momentum menyatakan bahwa besarnya impuls sama dengan besarnya perubahan momentum yang dialami benda.

## Lembar PowerPoint 10.3



### MOMENTUM DAN IMPULS

#### Demonstrasi

- Mengapa menendang bola tanpa sepatu terasa lebih sakit dibanding menggunakan sepatu?



#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep momentum, impuls dan aplikasinya

#### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian momentum,
- menjelaskan pengertian impuls,
- menganalisis hubungan momentum dan impuls, dan
- menerapkan konsep momentum dan Impuls

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Demonstrasi
- Curah pendapat
- Penguatan dan tanya jawab
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan dan tanya jawab
- Refleksi

#### Demonstrasi

- Bagaimanakah perbedaan gerak benda-benda ini?



### Curah Pendapat

- Apakah yang anda ketahui tentang momentum?

### Momentum

- Perkalian massa dengan kecepatan benda
- Merupakan besaran vektor

### Momentum

- $P = m v$
- $P$  = Momentum (kg m/s)
  - $m$  = Massa (kg)
  - $v$  = Kecepatan (m/s)

### Contoh

Sebuah bola kasti yang massanya 0,3 kg melaju dengan kecepatan 6 m/s. Tentukan momentum yang dimiliki oleh bola kasti tersebut

- Diketahui:
- $m = 0,3$  kg
- $v = 6$  m/s
- Ditanya  $P$ ?
- 
- $P = m v = 0,3 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m/s} = 1,8 \text{ kg m/s}$ .
- Arah momentum bola kasti adalah searah kelajuan bola kasti.

### Kerja Kelompok

- Kelas dibagi menjadi 6 kelompok
- Kelompok bekerja dengan panduan LK 10.1

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil-hasil diskusi



## Impuls

- Hasil perkalian gaya dan interval waktu

$$I = F \cdot \Delta t$$

- $I$  = Impuls (Ns)
- $F$  = Gaya (N)
- $\Delta t$  = Interval waktu (s)



## Contoh

- Sebuah bola golf (Gambar 10.3) mendapatkan gaya 5000 N dalam rentang waktu 0,001 detik. Berapakah impuls yang dihasilkan dari interaksi ini?

## Jawab

$$F = 5000 \text{ (N)}$$

$$\Delta t = 0,001 \text{ (s)}$$

Ditanyakan  $I$ ?

$$I = F \cdot \Delta t = 5000 \cdot 0,001 = 5 \text{ Ns}$$

15

## Hubungan Impuls dan Momentum

$$F \cdot \Delta t = m \cdot v_2 - m \cdot v_1$$

- $F$  = Gaya (N)
- $\Delta t$  = Interval waktu (s)
- $m$  = Massa benda (kg)
- $v_2$  = Kecepatan akhir (m/s)
- $v_1$  = Kecepatan awal (m/s)



## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

## Tindak lanjut

- Kerjakan Lembar Penilaian 10.4 di rumah.
- Pelajari paket berikutnya

16

## Lembar Penilaian 10.4



### A. Tes Tulis

Petunjuk: Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar!

1. Jelaskan yang dimaksud dengan momentum!
2. Identifikasi beberapa contoh momentum dalam kehidupan sehari-hari!
3. Jelaskan mengapa momentum dikatakan sebagai besaran vektor!
4. Jelaskan yang dimaksud dengan impuls!
5. Jelaskan hubungan antara impuls dan momentum!
6. Sebuah mobil yang massanya 600 kg bergerak dengan kecepatan 40 km/jam. Berapakah momentum yang dimiliki oleh mobil tersebut?
7. Sebuah bola yang massanya 1 kg bergerak mendekati tembok dengan kelajuan 10 m/s. Setelah menumbuk tembok bola bergerak berlawanan arah dengan kelajuan 8 m/s. Berapakah impuls dalam interaksi ini?
8. Seseorang yang massanya 70 kg bergerak dengan kecepatan 80 km/jam. Jika orang tersebut menabrak pohon dan berhenti dalam kurun waktu 0,002 detik, berapakah gaya yang diterima oleh orang tersebut?

## Daftar Pustaka

Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications*, 5<sup>th</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall,

Kane, J.W., Sternheim, M.M. 1988. *Physics*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons

Muslim, dkk. 2006. *Konsep Dasar Fisika*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Nugraha, Ahmad. 2006. *Diktat Kuliah Konsep Dasar IPA*. Tasikmalaya: tidak dipublikasikan

Sears, F.W. 1949. *Optics*, 3rd ed. Reading-Massachusetts: Addison-Wesley

Serway, J. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/Cole

Sumardi, Yosaphat, dkk. 2002. *Konsep dasar IPA 1*. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka

Tipler, Paul A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga

## Paket 11

# SIFAT-SIFAT ZAT

## Pendahuluan



Pada Paket 11 ini mahasiswa-mahasiswi akan membahas materi sifat-sifat zat, satu permasalahan yang sering mereka jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman materi sifat-sifat zat merupakan persyaratan untuk mempelajari materi pada paket-paket berikutnya misalnya suhu dan kalor.

Dalam paket perkuliahan ini, mahasiswa-mahasiswi diajak memulai perkuliahan dengan memikirkan penggolongan benda-benda di alam. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan berpasangan untuk mendiskusikan sifat-sifat benda padat, cair dan gas. Setelah mahasiswa-mahasiswi melakukan presentasi, dosen akan memberikan penguatan. Langkah selanjutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan eksperimen dengan bantuan LK 11.1.A dan LK 11.1.B. Setelah mahasiswa-mahasiswi berbagi gagasan hasil kegiatan, dosen akan memberikan penguatan dan kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya.

Untuk kelancaran kegiatan perkuliahan, mahasiswa-mahasiswa dapat diminta untuk mempersiapkan berbagai bahan dan alat eksperimen. Selain itu, pemberian garis-garis besar materi terlebih dahulu sebelum perkuliahan dimulai, akan lebih memudahkan tercapainya tujuan tersebut.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menganalisis konsep sifat-sifat zat.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. membedakan benda padat, cair dan gas,
2. mendeskripsikan sifat-sifat benda padat,
3. mendeskripsikan sifat-sifat benda cair,
4. menjelaskan peristiwa adhesi dan kohesi,
5. menganalisis tekanan dalam zat cair, dan
6. mendeskripsikan sifat-sifat gas.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Sifat-sifat Benda Padat
2. Sifat-sifat Zat Cair
3. Adhesi dan Kohesi
4. Tekanan dalam Zat Cair
5. Sifat-sifat Gas

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 11.1.
2. Lembar Uraian Materi 11.2
3. Lembar *PowerPoint* 11.3
4. Lembar Penilaian 11.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
6'	1. Dosen membuka perkuliahan dan memotivasi mahasiswa-mahasiswi dengan mendemonstrasikan beberapa macam benda: "Bagaimana penggolongan zat yang ada di alam?"	Demonstrasi dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 11.3
2'	2. Dosen menegaskan pentingnya konsep sifat-sifat zat. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 11.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
10'	1. Mahasiswa dan mahasiswi bekerja berpasangan untuk mempelajari sifat zat padat, cair dan gas dari uraian materi.	Diskusi Berpasangan	Uraian Materi 11.2
10'	2. Beberapa perwakilan menyampaikan hasil diskusinya.	Curah	
12'	3. Dosen menegaskan konsep sifat-sifat zat dan memberikan kesempatan mahasiswa untuk bertanya.	Pendapat Ceramah Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 11.3
20'	4. Mahasiswa dan mahasiswi melakukan diskusi kelompok dengan panduan LK 11.1.A dan 11.1.B.	Eksperimen	LK 11.1.A dan LK 11.1 B
10'	5. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi.	<i>Group to Group Exchange</i>	
10'	6. Dosen menjelaskan sifat benda padat, cair, konsep kohesi, adhesi dan sifat-sifat gas.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 11.3
10'	7. Mahasiswa mengkonfirmasi hal-hal yang belum jelas.	Tanya Jawab	

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen bersama-sama dengan mahasiswa dan mahasiswi melakukan refleksi materi dan kegiatan perkuliahan yang telah dilaksanakan.	Presentasi	
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen menugaskan mahasiswa dan mahasiswi untuk mengerjakan Lembar Penilaian 11.4 , serta mengingatkan materi yang akan dibahas pada pertemuan berikutnya.	Ceramah	

## Lembar Kegiatan 11.1.A



# ADHESI DAN KOHESI

### Pengantar

Banyak fenomena alam dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dijelaskan dengan konsep adhesi dan kohesi. Melalui kegiatan ini mahasiswa dapat mengembangkan pengetahuannya tentang adhesi dan kohesi.

### Tujuan

Memahami sifat adhesi dan kohesi serta hubungannya dengan kapilaritas

### Alat dan Bahan

1. Piring kecil
2. Air
3. Raksa

### Langkah Kegiatan

1. Letakkan piring di atas meja yang datar!
2. Letakkan setetes air di atas piring tersebut, amati apa yang terjadi!
3. Lakukan hal yang sama dengan mengganti air dengan raksa, amati apa yang terjadi!
4. Bacalah uraian materi 11.2 dan carilah penjelasan tentang hal tersebut!
5. Bagaimanakah hasil pengamatan ini jika dihubungkan dengan konsep kapilaritas?
6. Tuliskan hasil kerja anda di kertas plano!



## Lembar Kegiatan 11.1.B



# TEKANAN PADA ZAT CAIR

### Pengantar

Seorang penyelam perlu menggunakan tutup telinga ketika sedang menyelam, apakah alasannya? Tekanan sebagaimana dapat dilakukan oleh zat padat juga dapat terjadi di dalam cairan. Melalui kegiatan ini mahasiswa dapat memahami tekanan pada zat cair.

### Tujuan

Memahami sifat tekanan dalam zat cair

### Langkah Kegiatan

1. Jelaskan contoh-contoh yang menunjukkan adanya tekanan dalam zat cair!
2. Jelaskan bagaimana tekanan pada zat cair ini dapat terjadi? Hal-hal apa sajakah yang mempengaruhinya?
3. Gunakan lembar uraian materi 11.2 sebagai bahan acuan diskusi.
4. Dengan menggunakan konsep tekanan pada cairan ini jelaskan mengapa di dalam air selalu mendapatkan gaya angkat ke atas!
5. Tuliskan hasil kerja kalian di kertas plano!

## Uraian Materi 2.2



# SIFAT-SIFAT ZAT

### A. Wujud Zat

Untuk melakukan aktivitas sehari-hari, kita menggunakan berbagai jenis zat. Sebagai contohnya, kita menggunakan air untuk mandi, mencuci, dan minum. Udara juga kita gunakan untuk bernapas. Berbagai peralatan dapur seperti panci, penggorengan, piring, mangkok, dan sendok digunakan untuk memasak. Kursi, lemari, tempat tidur dan meja belajar merupakan perabot di rumah kita. Berbagai macam zat di atas yaitu air, udara, peralatan dapur dan perabot rumah tangga mempunyai wujud yang berbeda-beda. Air berwujud cair, udara berwujud gas, sedangkan perabot rumah tangga dan peralatan dapur berwujud padat.

Namun pernahkah anda memikirkan, mengapa minyak tanah dapat naik pada sumbu kompor? Serta mengapa serangga dapat hinggap dan berjalan-jalan di atas air? Anda mungkin juga kagum saat melihat kapal laut yang sedemikian beratnya karena terbuat dari baja dapat terapung di air?

Wujud zat dikelompokkan atas tiga bagian, yaitu padat, cair dan gas. Batu merupakan salah satu contoh zat padat. Apabila batu diletakkan pada botol dan mangkok, bagaimana bentuk batu itu sekarang? Batu akan tetap berbentuk seperti semula, walaupun ia diletakkan ditempat yang berbeda. Dengan demikian zat padat mempunyai sifat volume dan bentuknya tetap, walaupun ditempatkan pada tempat yang berbeda.

Bagaimana apabila zat padat di atas diganti dengan zat cair misalnya air? Bagaimana bila air dituangkan dalam botol dan mangkok? Air yang bentuknya menyerupai botol berubah menyerupai bentuk mangkok, meskipun demikian volume air masih tetap sama seperti semula. Berdasarkan penjelasan di atas, sifat zat cair mempunyai volume tetap tetapi bentuknya berubah mengikuti tempatnya.

Bagaimana dengan gas? Ban sepeda motor yang kurang anginnya tidak bisa bergerak dengan optimal. Oleh karena itu kita perlu menambah anginnya agar bentuk ban sempurna, dan kecepatan gerakannya optimal. Hal yang sama juga terjadi bila kita meniup balon. Balon yang kita tiup akan mengembang sesuai dengan bentuk balon agar bentuk balon sempurna. Jika gas yang kita tiupkan

pada balon di atas dimasukkan pada botol, maka volume dan bentuknya berubah mengikuti bentuk botol. Bila gas pada botol dipindahkan pada galon, maka volume dan bentuknya berubah mengikuti bentuk galon.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa zat padat mempunyai sifat volume dan bentuknya tetap. Zat cair, mempunyai sifat volume tetap dan bentuknya berubah-ubah mengikuti tempatnya. Sedangkan zat gas, mempunyai sifat volume dan bentuknya berubah-ubah mengikuti ruang yang ditempatinya.

## **B. Partikel Zat**

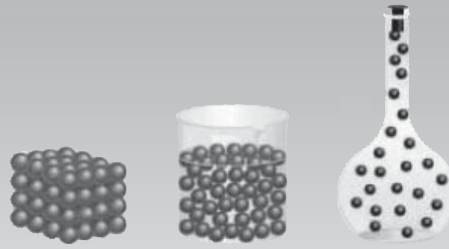
Untuk mengetahui mengapa wujud zat terkait dengan volume dan bentuknya, kita harus memahami konsep sifat-sifat partikel zat berikut ini. Pada saat kita melarutkan gula ke dalam larutan teh, rasa manis dapat kita rasakan pada seluruh bagian larutan teh meskipun semua gula sudah tidak terlihat lagi dalam larutan tersebut. Suatu hal yang sama terjadi pada saat kita membuka kemasan pengharum ruangan pada salah satu sudut rumah, maka akan tercium bau harum ke seluruh ruangan.

Mengapa hal di atas bisa terjadi? Hal ini terjadi karena partikel gula sudah bercampur dengan partikel teh dan partikel air, sehingga rasa manis dapat dirasakan pada seluruh larutan teh. Sedangkan bau harum dapat kita rasakan diseluruh ruangan, karena pengharum ruangan menguap menjadi gas, dan partikelnya menyebar keseluruh ruangan.

Berdasarkan uraian di atas, zat terdiri bagian yang lebih kecil lagi yaitu partikel. Partikel-partikel zat ini berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat di lihat dengan mata telanjang. Meskipun begitu, susunan dan sifat partikel ini sangat menentukan wujud suatu zat. Setiap wujud zat tersusun dari partikel-partikel yang mempunyai kebebasan gerak dan jarak yang berbeda-beda.

Sifat-sifat partikel suatu zat adalah sebagai berikut.

- Partikel tidak diam, tetapi selalu bergerak atau bergetar.
- Di antara satu partikel dengan partikel yang lain terdapat gaya tarik-menarik.
- Di antara satu partikel dengan partikel yang lain terdapat ruang antar partikel yang disebut pori-pori.



Gambar 11.1 merupakan model partikel penyusun zat.

### Sifat-Sifat Zat Padat

Berdasarkan sifat-sifat partikel suatu zat, kita dapat mengetahui mengapa zat padat mempunyai sifat volume dan bentuk selalu tetap. Hal ini disebabkan gaya tarik antar partikelnya sangat kuat, ruang antar partikelnya sempit dan partikel-partikel penyusun zat padat tersusun rapat dan tidak dapat bergerak bebas. Karena itu zat padat mempunyai bentuk yang sukar berubah atau selalu tetap. Ini terjadi karena partikel-partikel hanya dapat bergerak dengan simpangan yang relatif kecil.

Partikel-partikel zat padat tersusun dalam geometri yang sangat teratur yang disebut dengan kristal. Kebanyakan zat padat terdapat sebagai kristal, misalnya logam-logam dan garam-garam anorganik. Namun ada segolongan zat padat yang tidak mempunyai susunan kristal teratur namun mempunyai volume dan bentuk tetap. Zat padat semacam ini disebut amorf, karena partikel-partikel penyusun zat padat tersebut tersusun sembarang. Yang termasuk dalam golongan ini adalah kaca, plastik, karet yang tak terenggang, fosfor merah. Ada juga zat yang sebagian berbentuk kristal dan sebagian berbentuk amorf, yaitu zat-zat polimer tinggi, misalnya selulosa dan nilon.

Zat padat tertentu memiliki sifat yang elastis, ini terjadi bila zat padat diberikan gaya dari luar kemungkinan zat padat bisa berubah bentuk. Tetapi bila gaya itu sudah tidak bekerja, maka bentuknya dapat kembali seperti semula. Kemampuan zat padat untuk kembali ke bentuk semula ketika gaya luar sudah tidak bekerja disebut elastisitas zat padat. Namun bila gaya yang diberikan terlalu besar, zat padat tidak dapat kembali ke bentuk semula. Hal ini terjadi karena batas elastisitas benda tersebut terlampaui. Elastisitas zat padat bergantung pada gaya elektromagnetik yang mengikat partikel-partikel penyusunnya. Kemampuan dibentuk menjadi lembaran tipis dan ditarik menjadi sebuah kawat adalah sifat yang bergantung pada struktur dan elastisitas suatu bahan.

Zat padat juga bisa mengalami pemuaian karena panas, misalnya pemuaian beton dan baja pada jembatan jalan raya lebih panjang pada siang hari yang

panas daripada malam hari yang dingin. Oleh sebab itu suhu ekstrim harus dipertimbangkan ketika jembatan didesain. Sambungan atau disebut titik pemuaian, dibuat untuk menyediakan perubahan panjang. Pemuaian panas zat padat ini dapat dijelaskan dengan teori kinetik. Model suatu zat padat adalah sekumpulan partikel-partikel yang terhubung oleh pegas. Pegas mewakili gaya tarik antar partikel-partikel. Ketika partikel-partikel mendapat tekanan sehingga saling berdekatan, pegas mendorong partikel saling menjauh. Jika zat padat tidak memiliki gaya tolak (*repulsion*), zat padat akan hancur menjadi bagian-bagian yang sangat kecil.

Ketika suatu zat padat dipanaskan, energi kinetik partikelnya meningkat, dan bergetar lebih cepat. Gaya tarik antar partikel-partikel zat padat tidak sama dengan dengan gaya yang dikeluarkan oleh pegas yang diregangkan. Ketika partikel-partikel zat padat bergerak saling menjauh maka gayanya semakin melemah. Sehingga ketika partikel-partikel bergetar lebih cepat, pemisahan rata-rata partikelnya meningkat. Jadi zat padat memuai ketika suhunya meningkat.

Perubahan panjang pada zat padat berbanding lurus dengan perubahan suhu. Benda padat akan memuai dua kali lebih panjang jika suhunya dinaikkan sebesar 20°C daripada suhunya dinaikkan 10°C. Perubahan panjang juga berbanding lurus dengan panjang benda mula-mula. Dua meter besi akan memuai dua kali lebih panjang daripada satu meter besi. Sehingga panjang ( $L$ ) suatu zat padat pada suhu ( $T$ ) adalah

$$L = L_i + \alpha L_i (T - T_i)$$

Dengan  $L_i$  adalah panjang pada suhu  $T_i$ , dan  $\alpha$  disebut koefisien muai panjang. Persamaan ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L - L_i = \alpha L_i (T - T_i) \text{ atau } \Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

Sehingga,

$$\Delta L / L_i = \alpha \Delta T \text{ atau } \alpha = \Delta L / L_i \Delta T.$$

Satuan koefisien muai panjang adalah  $1/^\circ\text{C}$ .

Contoh soal 11-1

Sebatang logam panjangnya 3,6 meter bersuhu 23°C, dipanaskan sampai suhunya 97°C. Ternyata logam tersebut mengalami pemuaian sehingga panjang logam menjadi 5,3 meter. Berapakah koefisien muai panjang logam tersebut?

Δ

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } L_i &= 3,6 \text{ meter} \\ \Delta L &= 5,3 \text{ meter} - 3,6 \text{ meter} \\ &= 1,7 \text{ meter.} \\ T_i &= 23^\circ \\ T &= 97^\circ\text{C} \\ \text{Ditanya : } \alpha &? \\ \text{Penyelesaian :} \\ \Delta T &= T - T_i \\ &= 74^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \Delta L // L_i \Delta T \\ &= 1,7 \text{ m} / (3,6 \text{ m} \times 74^\circ\text{C}) \\ &= 0,0064 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}. \end{aligned}$$

### Sifat-Sifat Zat Cair

Sementara zat cair mempunyai sifat volume tetap tetapi bentuknya berubah-ubah mengikuti ruang yang ditempatinya seperti Gambar 11.2. Hal ini disebabkan gerakan partikelnya agak bebas, letak partikelnya agak renggang, gaya tarik-menarik antar partikelnya kurang kuat, dan ruang antar partikelnya agak besar.



**Gambar 11.2 Zat Cair Bentuknya Mengikuti Tempat yang Ditempatinya (Gelas)**

Molekul-molekul di dalam cairan secara kontinyu mengalami tumbukan yang dapat memberikan kenaikan terhadap distribusi energi kinetik. Rata-rata pada temperatur kamar molekul-molekul bergerak dengan energi kinetik yang relatif tinggi persentasenya kecil. Jika banyak molekul yang bergerak lebih cepat dan memiliki energi kinetik yang cukup untuk mengatasi gaya tarik antar molekul di dalam cairan, maka molekul tersebut dapat keluar melalui permukaan dan masuk ke dalam kondisi fase gasnya, kejadian ini dinamakan molekul mengalami penguapan.

Banyak faktor yang mempengaruhi kecepatan penguapan, salah satunya adalah luas permukaan. Bertambahnya luas permukaan mengakibatkan penguapan setiap detiknya bertambah banyak. Faktor yang lain adalah temperatur. Air menguap lebih cepat pada hari yang cuacanya panas daripada cuaca dingin atau hujan. Penyebabnya adalah fraksi total molekul yang memiliki energi cukup untuk keluar dari cairan pada temperatur yang lebih tinggi adalah lebih besar, bila dibandingkan pada temperatur yang rendah. Dengan kata lain, untuk energi kinetik ( $E_k$ ) minimum yang sama pada kedua temperatur yang berbeda, jumlah fraksi total molekul yang dimiliki energi sebesar ini akan lebih besar pada temperatur yang lebih tinggi. Faktor ketiga adalah kekuatan gaya tarik antar molekul. Dengan membandingkan dua cairan A dan B pada temperatur yang sama. Cairan A mempunyai gaya tarik antar molekul sangat kuat, sehingga hanya molekul dengan kecepatan sangat tinggi yang mempunyai energi kinetik untuk mengatasi gaya tarik antar molekul tersebut dan mengakibatkan molekul dapat keluar dari cairannya. Relatif sedikit sekali molekul seperti ini, dengan demikian kecepatan penguapan lambat. Pada cairan B banyak sekali fraksi molekul mempunyai energi kinetik ( $E_k$ ) yang diperlukan untuk meninggalkan molekul dari cairannya. Oleh karena itu cairan B menguap lebih cepat. Gaya tarik menarik antar molekul dalam padatan adalah jauh lebih besar daripada di dalam cairan. Faktor inilah yang menjelaskan mengapa zat padat tidak mudah menguap.

### **Kohesi dan Adhesi**

Pada pembahasan tentang sifat partikel di atas, dijelaskan bahwa di antara satu partikel dengan partikel yang lain terdapat gaya tarik-menarik. Terdapat dua macam gaya tarik-menarik antar partikel, yaitu kohesi dan adhesi. Kohesi adalah gaya tarik-menarik antara partikel-partikel sejenis, sedangkan adhesi adalah gaya tarik-menarik antara partikel-partikel yang berbeda jenisnya.

Kedua konsep di atas dapat kita pahami bila kita mengamati permukaan air dalam suatu tabung. Permukaan air dalam suatu tabung berbentuk cekung dan membasahi dinding, hal ini karena gaya tarik-menarik antar partikel air lebih kecil daripada gaya tarik-menarik antara partikel air dengan partikel kaca dinding tabung. Ini berarti kohesi lebih kecil daripada adhesi.

Permukaan zat cair yang berbentuk cekung atau melengkung ke atas disebut meniskus cekung. Sedangkan permukaan zat cair yang berbentuk cembung atau melengkung ke bawah disebut meniskus cembung. Ini berarti bahwa gaya tarik-menarik antarpartikel zat cair lebih besar daripada gaya tarik-menarik antara partikel zat cair dengan kaca pada dinding tabung.

### Kapilaritas

Mengapa minyak tanah dapat meresap ke bagian atas dari sumbu kompor? Hal ini terjadi karena adanya peristiwa kapilaritas, yaitu suatu zat cair dapat naik atau turun di dalam suatu pipa kapiler. Melalui peristiwa kapilaritas ini, kita dapat memanfaatkan kompor untuk memasak, karena minyak yang telah meresap ke atas sumbu kompor dengan diberi api sumbu langsung bisa menyala. Adanya kapilaritas, ternyata banyak memberikan manfaat bagi kehidupan sehari-hari, di antaranya sebagai berikut.

- Kita memperoleh penerangan di malam hari dari cahaya lampu, karena minyak meresap melalui sumbu lampu.
- Tumbuhan dapat tumbuh dengan subur, karena air yang diperlukan tumbuhan meresap melalui akar tanaman.
- Pada saat kita mandi, air yang membasahi tubuh dapat kita bersihkan dengan handuk, karena air meresap ke dalam handuk.

### Tegangan Permukaan

Mengapa serangga dapat hinggap dan berjalan-jalan di atas permukaan air, tanpa khawatir tenggelam? Hal ini karena pada permukaan air terdapat gaya tarik-menarik antar partikel-partikel air atau kohesi. Akibatnya, pada permukaan air seolah-olah terdapat suatu selaput atau lapisan yang tegang yang dapat menahan serangga agar tidak tenggelam.

Akibat adanya lapisan yang tegang pada permukaan air membuat kaki serangga membentuk lekukan di dalam air sebagaimana Gambar 11.3. Seolah-olah permukaan air bersifat seperti kulit balon yang elastis. Peristiwa tersebut dinamakan tegangan permukaan.



**Gambar 11.3 Serangga Hinggap di Atas Air**

### Sifat-Sifat Fluida

Apakah fluida itu? Fluida adalah zat yang dapat mengalir dan mudah mengalami perubahan bentuk ketika diberi tekanan. Karena fluida adalah zat yang dapat mengalir, sehingga fluida disebut zat alir. Zat cair dan zat gas keduanya adalah zat alir.



Berbagai kegiatan yang kita lakukan berhubungan erat dengan kedua fluida ini. Kita bernapas memerlukan gas oksigen, kita minum memerlukan air. Sifat-sifat fluida memungkinkan pesawat bisa terbang dan perahu dapat terapung serta serangga dapat berjalan di atas air.

### Hidrostatika

Hidrostatika membahas tentang gaya-gaya di dalam fluida yang diam. Bila kita menyelam dikolam renang yang sangat dalam, kita akan mengetahui bahwa air menghasilkan tekanan. Tubuh kita peka dengan tekanan air. Tekanan yang kita rasakan ditelinga hampir sama disemua bagian pada saat kita horisontal. Jadi tekanan yang kita rasakan tidak bergantung posisi kita menyembul kepermukaan atau miring.

Seorang ilmuwan dari perancis, Blaise Pascal menyatakan bahwa perubahan apapun dalam tekanan yang diberikan pada fluida yang berada dalam ruangan tertutup, pada titik sembarang diteruskan dengan tetap melalui fluida. Penemuan ini dikenal dengan prinsip pascal. Sebagai contoh, pada saat kita memencet pasta gigi, kita menggunakan prinsip pascal.

Mesin-mesin yang menggunakan fluida untuk melipatgandakan gaya seperti pada lift-lift hidrolik, menggunakan Prinsip Pascal. Dalam sistem hidrolik, Fluida ditampung dalam dua tabung yang berhubungan. Setiap ruang mempunyai sebuah piston yang bebas bergerak. Gaya ( $F_1$ ) dikeluarkan oleh piston 1 dengan luas permukaan ( $A_1$ ). Tekanan yang dikeluarkan pada fluida adalah:

$$P_1 = F_1 / A_1$$

Dengan prinsip pascal, tekanan diteruskan lewat fluida tanpa perubahan. Tekanan yang dikeluarkan oleh fluida pada piston 2, dengan luas permukaan ( $A_2$ ) adalah:

$$P_2 = F_2 / A_2$$

Karena  $P_2 = P_1$ , maka  $F_1 / A_1 = F_2 / A_2$ .  
Adapun gaya yang dikeluarkan piston 2 adalah:

$$F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1}$$

## Contoh 11-5

Sebuah gaya 17 N dikeluarkan pada piston sebuah sistem hidrolik. Luas bidang piston adalah  $0,03 \text{ m}^2$ . Berapakah berat benda yang dapat diangkat oleh piston yang besar dengan luas permukaan  $0,06 \text{ m}^2$ ?

Diketahui:  $F_1 = 20 \text{ N}$

$$A_1 = 0,03 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,06 \text{ m}^2$$

Ditanya :  $F_2$  ?

Penyelesaian :

$$F_2 = F_1 A_2 / A_1$$

$$F_2 = 17 \text{ N} \times 0,06 \text{ m}^2 / 0,03 \text{ m}^2$$

$$F_2 = 34 \text{ N.}$$

Pada saat kita berenang lebih dalam lagi kita dapat mengamati sifat fluida yang lain, yaitu tekanan yang kita rasakan semakin besar. Tekanan fluida pada sebuah permukaan horisontal adalah berat persatuan luas ( $A$ ) dari fluida di atas permukaan. Berat ( $w$ ) air di atas kita adalah:

$$W = m g$$

Dimana massa jenis ( $\rho$ ) merupakan  $m / V$  dan  $V = A h$ . sehingga

$$W = \rho A h g = \rho V g$$

Dengan mengganti nilai  $w$  akan diperoleh tekanan

$$p = w / A = \rho A h g / A$$

$$p = \rho h g$$

Jadi tekanan hanya berbanding lurus dengan massa jenis dan kedalaman fluida, bentuk penampang tidak berpengaruh.

Ketika sebuah benda dengan tinggi  $l$  diletakkan dalam suatu fluida, gaya-gaya yang dikeluarkan pada semua sisi seimbang. Namun, gaya pada bagian atas dan bawah, sebagai berikut.

$$F_{\text{atas}} = p_{\text{atas}} A = \rho h A g$$

$$F_{\text{bawah}} = p_{\text{bawah}} A = \rho (h+l) A g$$

Gaya di bagian bawah lebih besar daripada gaya di bagian atas. Perbedaannya adalah:

$$F_{\text{bawah}} - F_{\text{atas}} = \rho (h+l) A g - \rho h A g$$

$$= \rho l V g - \rho V g$$

sehingga ada gaya ke atas dari fluida kepada benda. Gaya ini disebut gaya apung. Dimana volume benda yang tercelup sama dengan volume fluida yang dipindahkan. Dengan demikian gaya apung ( $\rho V g$ ) mempunyai besaran yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda yang tercelup. Hubungan ini ditemukan oleh Archimedes dan disebut prinsip Archimedes. “Sebuah benda yang dicelupkan dalam fluida mendapat gaya ke atas yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.”

Prinsip Archimedes berlaku untuk benda-benda dari semua jenis massa jenis. Bila massa jenis benda lebih besar daripada fluidanya, gaya apung akan lebih kecil dari berat benda, dan benda akan tenggelam. Bila massa jenis benda sama dengan fluidanya, gaya apung akan sama dengan berat benda, dan benda akan melayang. Porsi benda yang tercelup hanya akan mengganti volume fluida dengan berat yang sama dengan berat benda. Oleh sebab itu kapal yang terbuat dari baja tidak tenggelam bila berlayar dilaut. Karena lambung kapal berongga sehingga massa jenis rata-rata kapal lebih kecil daripada massa jenis air, sehingga gaya apung akan lebih besar dari berat kapal.

#### Contoh 11

Sebuah batu dengan volume  $10 \text{ dm}^3$  ditenggelamkan dalam air. Berapakah besar gaya apung yang bekerja pada batu? dan berapa berat batu yang nampak? (Bila massa jenis batu adalah  $0,8 \text{ gram/cm}^3$ )

Diketahui :  $V = 10 \text{ dm}^3 = 100 \text{ cm}^3$

$$\rho_{\text{batu}} = 0,8 \text{ gram/cm}^3$$

$$\rho_{\text{air}} = 1 \text{ gram/cm}^3$$

Ditanya :  $F_{\text{apung}} ?$

$w_{\text{dalam air}} ?$

Penyelesaiannya:

$$F_{\text{apung}} = \rho_{\text{air}} V g$$

$$= 1 \text{ g/cm}^3 \times 10 \text{ cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2$$

$$= 9800 \text{ dyne.}$$

$$\begin{aligned}
 w_{\text{dalam air}} &= mg - F \\
 &= [(100 \text{ cm}^3 \times 0,8 \text{ gram/cm}^3) \times 980 \text{ cm/s}^2] - 4900 \text{ dyne} \\
 &= 78400 \text{ dyne} - 4900 \text{ dyne} \\
 &= 73500 \text{ dyne.}
 \end{aligned}$$

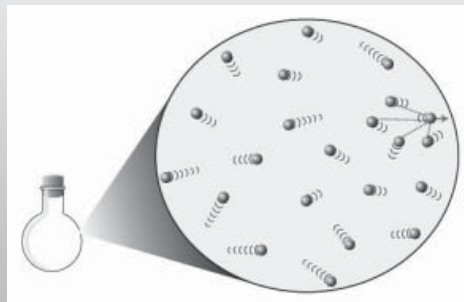
### Hidrodinamika

Bagaimanakah pengaruh fluida bergerak pada suatu benda? Peganglah selembar kertas dibawah bibir, Kemudian tiuplah bagian permukaan atas kertas, maka kertas itu akan naik. Tekanan pada bagian atas kertas tempat udara mengalir lebih cepat itu lebih rendah daripada tekanan di bawah kertas, dimana udara tidak bergerak. Ini merupakan salah satu contoh prinsip Bernoulli. Hubungan antara kecepatan dan tekanan yang dikeluarkan oleh sebuah fluida yang bergerak dinyatakan sebagai prinsip Bernoulli. "Ketika kecepatan suatu fluida meningkat, tekanan yang dikeluarkan menurun."

Sebagai contoh konkret tentang konsep ini adalah pesawat terbang, pesawat terbang memanfaatkan prinsip Bernoulli untuk mengangkatnya. Sayap pesawat terbang adalah airfoil, perangkat yang dirancang untuk menghasilkan gaya angkat saat bergerak melalui fluida. Curvature dari permukaan atas sayapnya lebih besar dari bagian bawahnya. Ketika sayapnya melewati udara, udara yang bergerak melewati permukaan atas lebih jauh, dengan demikian bergerak lebih cepat dari udara yang melewati bagian bawah sayap. Tekanan udara yang turun pada bagian permukaan atas sayap menghasilkan suatu tekanan ke atas yang akhirnya menghasilkan gaya ke atas pada sayap-sayapnya. Ini akan membantu menahan tinggi dari pesawat.

### Sifat-Sifat Gas

Adapun zat gas mempunyai sifat bentuk dan volumenya berubah-ubah. Hal ini disebabkan gerakan partikelnya sangat berjauhan dan tidak teratur, gaya tarik-menarik antar partikelnya sangat lemah, dan ruang antar partikelnya sangat besar. Gambar 11.4 menunjukkan model partikel penyusun gas.



**Gambar 11. 4 Model Partikel Gas**

Keadaan gas ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

### Tekanan

Teori kinetik molekul dapat membantu menjelaskan sifat-sifat gas. Teori ini didasarkan pada tiga asumsi yaitu:

- Gas tersusun dari sejumlah besar partikel yang sangat besar.
- Partikel-partikel bergerak secara acak dan terus-menerus.
- Partikel-partikel bertumbukan secara lenting sempurna dengan dinding-dinding tempat menahannya.

Bila dalam suatu ruang tertutup terdapat sejumlah besar molekul-molekul gas, maka sebagai akibat tumbukan molekul-molekul ini dengan dinding wadah. molekul-molekul ini menimbulkan gaya pada dinding. Ukuran dari gaya ini adalah tekanan gas(P), yaitu gaya yang bekerja tiap satuan luas permukaan. Secara matematis dapat ditulis:

$$P = F / A$$

Dalam satuan SI, satuan tekanan adalah pascal, disingkat Pa. satu pascal sama dengan satu newton per meter persegi. Karena pascal merupakan satuan yang relatif kecil, sehingga yang sering digunakan adalah kilopascal. Dimana satu KPa sama dengan 1000 Pa. Tekanan atmosfer bumi dipermukaan laut sekitar 100. 000 Pa atau 100 Kpa.

#### Contoh 11-2

Tekanan atmosfer di atas permukaan laut sekitar  $1 \times 10^5$  Pa. Berapa gaya yang dikeluarkan di bagian atas sebuah meja kerja dengan panjang 1720 mm dan lebar 550 mm?

Diketahui :  $P = 1 \times 10^5$  Pa = 100 KPa

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ &= 1720 \text{ mm} \times 550 \text{ mm} \\ &= 1,72 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \\ &= 0,946 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ditanya : F?

Penyelesaian:

$$P = F / A$$

$$F = P \times A$$

$$F = 100 \text{ KPa} \times 0,946 \text{ m}^2$$

$$F = 94,6 \text{ N}$$

**Suhu**

Suhu dinyatakan dalam satuan derajat Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ). derajat Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) atau dalam Kelvin (K). Skala kelvin disebut pula sebagai skala suhu mutlak. Suhu  $0^{\circ}\text{C}$  ialah suhu es yang meleleh pada tekanan 1 atm, sedangkan  $100^{\circ}\text{C}$  adalah suhu air yang mendidih pada tekanan 1 atm. Bila temperatur gas dinaikkan  $1^{\circ}\text{C}$ , maka volume gas tersebut akan naik  $1 / 273,16$  kali atau bila diturunkan  $1^{\circ}\text{C}$ , maka volume gas tersebut akan turun  $1 / 273,16$  Kali. Oleh karena nilai 273,16 dipakai sebagai standar, yaitu  $-273,16^{\circ}\text{C}$  merupakan batas pendinginan gas, dengan kata lain gas di bawah suhu tersebut tidak mungkin didinginkan lagi.

**Jumlah Mol**

Jumlah mol (n) diperoleh dari berat gas (W) dibagi dengan massa molekul relatif (Mr) atau massa atom relatif (Ar), sehingga secara matematis dapat ditulis :

$$n = \frac{\text{Berat gas (W)}}{\text{Massa molekul relatif (Mr / Ar)}}$$

Jika berat gas (W) dengan satuan gram sama dengan massa molekul relatif (Mr) dengan satuan gram per mol, maka n sama dengan satu mol, dimana satu mol mengandung L molekul. L adalah bilangan Avogadro sama dengan  $6,02 \times 10^{23}$  molekul per mol.

**Contoh 11-4**

Suatu gas Oksigen dengan berat 3,2 gram. Tentukan berapa jumlah molekul gas Oksigen tersebut? (bila diketahui  $\text{Mr O}_2 = 32$ ).

Diketahui :  $W = 3,2$  gram

$\text{Mr} = 32$  gram/mol

Ditanya : Jumlah molekul gas  $\text{O}_2$  (N)?

Penyelesaian :

$$n = W / \text{Mr}$$

$$n = 3,2 \text{ gram}$$

$$\frac{32 \text{ gram}}{\text{mol}}$$

$$n = 0,1 \text{ mol}$$

$$N = n \times L$$

$$N = 0,1 \text{ mol} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ molekul/ mol}$$

$$N = 6,02 \times 10^{24} \text{ molekul.}$$

Hukum-hukum yang menyatakan sifat-sifat gas yaitu sebagai berikut:

- Hukum Boyle

Tekanan suatu gas berubah dengan volume yang dipunyainya. Pada 0°C, 1 mol gas akan mempunyai tekanan 760 mmHg, bila menempati volume 22,414 liter. Bila volume dibesarkan 2x, sehingga menjadi 44,828 liter, maka tekanan gas ialah 380 mmHg. Bila volume dikecilkan menjadi 11,207 liter, maka tekanan menjadi 1520 mmHg pada 0°C. Perubahan tekanan dan volume tergantung pada perubahan jumlah tabrakan yang terjadi tiap detik pada satuan luas permukaan dinding. Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{mula-mula}} \times V_{\text{mula-mula}} = P_{\text{akhir}} \times V_{\text{akhir}}$$

Atau dengan menggunakan tanda 1 untuk keadaan mula-mula, dan 2 untuk keadaan akhir, sehingga rumus di atas menjadi:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Rumus di atas menyatakan hukum Boyle yang dapat dinyatakan dengan pernyataan sebagai berikut: Pada suhu tetap, berat tertentu suatu gas mempunyai volume yang berbanding terbalik dengan tekanannya.

- Hukum Charles dan Gay-Lussac

Seperti telah disebutkan di atas besarnya tekanan gas tergantung pada tabrakan antara molekul-molekul gas dengan dinding wadah. Kecepatan molekul rata-rata bergantung pada suhu gas, yaitu makin tinggi suhu, makin besar kecepatan molekul, sehingga kenaikan suhu akan menyebabkan pembesaran tekanan gas. Hubungan antara suhu dan tekanan gas pada volume tetap dinyatakan oleh hukum Amonton sebagai berikut:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

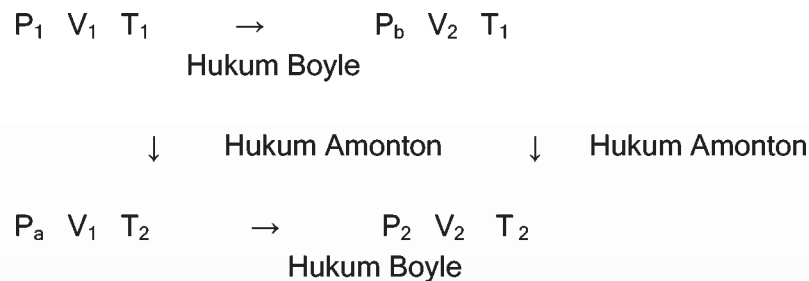
Salah satu penggunaan dari persamaan di atas ialah penentuan suhu untuk berbagai variasi tekanan. Bila suatu wadah dengan volume tetap diisi dengan suatu gas dan dihubungkan dengan alat pengukur tekanan, maka didapat suatu cara penentuan perubahan tekanan sebagai fungsi suhu. Jadi suatu suhu gas dapat ditentukan bila tekanannya diketahui. Karena gas merupakan hasil kali tekanan dengan volumenya selalu tetap pada suhu yang tetap,

sedangkan tekanan dipengaruhi oleh suhu, maka apabila tekanan gas diambil tetap, volume gas akan berubah dengan berubahnya suhu. Hubungan antara suhu dan volume gas pada tekanan tetap dikenal sebagai hukum Charles dan Gay Lussac yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- Hukum Gas Ideal

Di atas telah ditinjau hubungan antara suhu, tekanan, dan volume gas sehingga satu variabel diambil tetap, sedangkan dua variabel yang lain berubah. Misalnya pada hukum Boyle, suhu diambil tetap, sedangkan tekanan dan volume yang berubah. Pada hukum amonton, tekanan dan suhu berubah, volume tetap, sedangkan pada hukum Charles Gay Lussac volume dan suhu berubah pada tekanan tetap. Pada umumnya suatu perubahan berlangsung pada suhu, tekanan, dan volume awal yang berlainan dengan suhu, tekanan dan volume akhir. Untuk memecahkan permasalahan ini, maka perubahan total dapat dipecahkan menjadi dua tahap, yaitu satu proses pada volume tetap dan tahap berikutnya proses suhu tetap. (Lihat Gambar 11.5)



**Gambar 11.5**  
**Diagram Perubahan Keadaan dari Keadaan**  
 **$P_1, V_1, T_1$  ke Keadaan  $P_2, V_2, T_2$**

Tercapainya keadaan akhir tidak bergantung pada jalan yang ditempuh, artinya apakah hukum Boyle yang mula-mula dipakai kemudian baru Hukum Amonton, atau Hukum Amonton yang dipakai mula-mula kemudian baru hukum Boyle, tidak mempengaruhi hasil akhirnya. Secara singkat diagram di atas dapat di tulis sebagai berikut:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_b V_2}{T_2} = \frac{P_a V_1}{T_2} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$



Nilai tetapan untuk persamaan di atas dapat dihitung untuk keadaan standar, yaitu pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm. Pada keadaan ini, maka volume 1 mol gas ialah 22,414 dm<sup>3</sup> sehingga:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{1 \text{ atm} \times 22,414 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}{273,16 \text{ K}} = 82,054 \text{ dm}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{derajat}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Tetapan ini disebut tetapan gas dan lambangnya ialah R. Nilai R bergantung pada satuan-satuan yang digunakan untuk P, V, dan T (Lihat Tabel 11. 1)

Tabel 11. 1  
Nilai Tetapan Gas R

Satuan tekanan	Satuan volume	R
Atm	Cm <sup>3</sup>	82,054 cm <sup>3</sup> · atm · K <sup>-1</sup> · mol <sup>-1</sup>
Atm	liter	8,206 · 10 <sup>-2</sup> liter · atm · K · mol <sup>-1</sup>
Dyne, cm <sup>2</sup>	Cm <sup>2</sup>	8,3144 · 10 <sup>7</sup> erg · K <sup>-1</sup> · mol <sup>-1</sup>

Karena energi dapat diubah menjadi kalori, maka harga R juga sering dinyatakan sebagai R = 1,987 kal · K<sup>-1</sup> · mol<sup>-1</sup>. Dengan memasukkan tetapan gas R ke dalam persamaan 11. 1, maka untuk 1 mol gas dapat ditulis:

$$P \cdot V = R \cdot T \quad (11. 1)$$

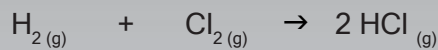
Untuk n mol gas persamaannya menjadi:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (11. 2)$$

Persamaan (11. 2) merupakan persamaan gas ideal.

- Hukum Gay-Lussac

Hukum penyatuan volume dari Gay-Lussac menyatakan bahwa volume gas-gas yang bereaksi berbanding sebagai bilangan yang bulat dan sederhana. Karena pada T dan P tetap, volume bergantung pada jumlah molekul yang ada, maka perbandingan volume gas yang bereaksi adalah sama dengan perbandingan jumlah molekul yang bereaksi. Sebagai contoh dapat diambil reaksi:



1 molekul gas  $\text{H}_2$  bereaksi dengan 1 molekul  $\text{Cl}_2$  membentuk 2 molekul  $\text{HCl}$ . Perbandingan jumlah molekul yang bereaksi sama dengan perbandingan jumlah gas, maka dapat dikatakan bahwa 1 bagian volume  $\text{H}_2$  bereaksi dengan 1 bagian volume  $\text{Cl}_2$  membentuk 2 bagian volume  $\text{HCl}$ . Perbandingan volume gas yang bereaksi adalah 1 : 1 (merupakan bilangan yang bulat dan sederhana).

- Hukum Avogadro

Berdasarkan hasil-hasil dari Gay-Lussac mengenai perbandingan volume gas-gas yang bereaksi sebagai bilangan yang bulat dan sederhana, maka Avogadro mengajukan hukumnya sebagai berikut:

“Volume yang sama dari semua gas, bila berada pada suhu dan tekanan yang sama, maka mengandung jumlah molekul atau atom yang sama pula”.

Pada keadaan standar, yaitu suhu  $0^\circ\text{C}$  dan tekanan 76 cmHg, maka volume 1 mol setiap gas adalah 22,414 liter. Volume ini disebut volume molar gas pada keadaan standar. Banyaknya molekul dalam 22,414 liter ini adalah  $6,02 \cdot 10^{23}$  disebut sebagai bilangan Avogadro (N).

## Lembar PowerPoint 11.3



# SIFAT-SIFAT ZAT

### Pertanyaan

- Bagaimana penggolongan zat-zat yang ada di alam?



2

### KOMPETENSI DASAR

- menganalisis konsep sifat-sifat zat

3

### INDIKATOR

- membedakan benda padat, cair dan gas,
- mendeskripsikan sifat-sifat benda padat,
- mendeskripsikan sifat-sifat benda cair,
- menjelaskan peristiwa adhesi dan kohesi,
- menganalisis tekanan dalam zat cair, dan
- mendeskripsikan sifat-sifat gas.

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi berpasangan
- Curah pendapat
- Penguatan
- Eksperimen
- *Group to Group Exchange*
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Refleksi

5

### Kerja Berpasangan

- Mahasiswa-mahasiswi berpasangan.
- Menjawab pertanyaan:
  - Bagaimanakah perbedaan benda padat, cair dan gas?

6

### Curah Pendapat

- Perwakilan pasangan menyampaikan hasil kerjanya
- Pasangan lain menanggapi

7

### Benda Padat

- Bentuk tidak tergantung tempatnya
- Volume tetap



### Benda Cair

- Bentuk mengikuti bentuk tempatnya
- Volume tetap



9

### Benda Gas

- Mengisi ruangan
- Volume mudah berubah



10

### EKSPERIMEN

- Mahasiswa-mahasiswa harap membentuk enam kelompok
- Kelompok ganjil bereksperimen dengan panduan LK 11.1.A
- Kelompok genap bereksperimen dengan panduan LK 11.1.B

11

### GGE

- Perwakilan kelompok ganjil dan genap mempresentasikan hasil diskusinya secara bergantian
- Kelompok lain menanggapi

12

### Zat Padat

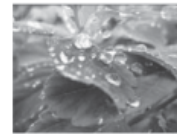
- Partikel tersusun dengan rapat
- Beberapa memiliki sifat elastis
- Memuai jika dipanaskan



13

### Zat Cair

- Kohesi dan adhesi
- Kapilaritas
- Tegangan permukaan



14

### Hukum Pascal

- Tekanan yang diberikan pada zat cair disebarkan ke segala arah



15

### Gaya Archimedes

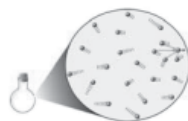
- Fluida memberikan gaya ke atas sebesar berat fluida yang dipindahkan



16

### Gas

- Partikel sangat renggang
- Hukum Boyle
- Hukm Gay Lussac



17

### Tanya jawab

- Kemukaka hal-hal yang masih belum jelas!

18

## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

19

## Tindak lanjut

- Kerjakan lembar penilaian 11.4 (PR)!
- Pelajari paket berikutnya!

20

## Lembar Penilaian 11. 4



### A. Tes Tulis

1. Jelaskan pengertian zat padat, zat cair dan zat gas?
2. Sebutkan sifat partikel suatu zat?
3. Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki oleh partikel zat, jelaskan perbedaan keadaan partikel dari zat padat, zat cair, dan zat gas?
4. Sebuah ban mobil membuat hubungan dengan tanah di atas sebuah cetakan kaki persegi panjang, dengan panjang 18 cm dan lebar 11 cm. Massa mobil 1210 kg. Berapa tekanan yang dikeluarkan mobil ke tanah?(Gaya merupakan hasil kali massa (m) dengan percepatan gravitasinya ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , untuk setiap benda dipermukaan bumi).
5. Apabila kita menghentikan pencairan es sebelum es mencapai titik lelehnya ( $32^\circ\text{F}$ ) dengan memasukkan es ke dalam kulkas, dimana pada saat itu titik leleh es  $52^\circ\text{F}$ . tentukan titik leleh dalam K dan  $^\circ\text{C}$ ?
6. Berapakah jumlah partikel, 245 gram gas  $\text{CO}_2$ ?
7. Permukaan air sirup terlihat cekung pada dinding tabung. Jelaskan mengapa hal ini bisa terjadi?
8. Mengapa air dapat terserap oleh kain pel, ketika kita membersihkan air yang tumpah ke lantai?
9. Lempengan aluminium dengan panjang 3,66 m pada suhu  $15^\circ\text{C}$ . Berapakah panjang aluminium ketika suhunya  $79^\circ\text{C}$ ?
10. Sebuah kursi yang menggunakan sistem hidrolik mempunyai berat 1600 N, terletak pada sebuah piston dengan luas penampang  $1440 \text{ cm}^2$ . Berapakah gaya yang harus diberikan piston kecil dengan luas penampang  $72 \text{ cm}^2$  untuk mengangkat kursi?
11. Dua meter kubik baja ditenggelamkan dalam air. Berapakah besar gaya apung yang bekerja pada baja? dan berapa berat baja yang nampak?(Massa jenis baja  $9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ).
12. Mengapa sebagian pesawat terbang memanfaatkan prinsip Bernoulli?Jelaskan!
13. Berikan contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari untuk menjelaskan tentang sifat zat padat, cair, dan gas?

## Daftar Pustaka

- Suryanti. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: UNESA University Press.
- Supardjito. 1992. *Kimia Dasar 1*. Malang: IKIP Malang.
- Prasodjo,B. 2006. *Fisika kelas VII*. Bogor: Penerbit Yudhistira.
- Purba,M. 2002. *Kimia Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Aprianto,E. 2006. *Manusia dan Alam Sekitar IPA (Sains) Kelas IV*. Surakarta: Penerbit Ar-rahman.



## Paket 12

# SUHU

### Pendahuluan



Perkuliahan pada paket ini difokuskan pada suhu, yang mencakup pengertian suhu, macam skala thermometer, dan perbedaan jenis pemuaian benda. Pada pembahasan materi ini, diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat menguasai prinsip dan karakteristik suhu serta dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman suhu sangat bermanfaat ketika mahasiswa-mahasiswi mempelajari konsep kalor pada paket berikutnya.

Proses perkuliahan dimulai dengan brainstorming tentang perbedaan suhu dan kalor. Kemudian mahasiswa-mahasiswi akan diskusi berpasangan tentang cara kerja thermometer sebagai alat pengukur suhu. Setelah penguatan oleh dosen, mahasiswa-mahasiswi akan bekerja kelompok untuk melakukan praktek pengukuran suhu dengan LK 12.1. Setelah presentasi oleh salah-satu kelompok, dosen akan memberikan penegasan dan penguatan diantaranya juga mengenai pemuaian benda. Pada akhir perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi diminta untuk merefleksikan kegiatan perkuliahan

Dosen perlu menyiapkan peralatan yang diperlukan untuk kegiatan yang dipandu dengan LK 12.1. Dosen dapat berkordinasi dengan mahasiswa untuk menyiapkan berbagai alat dan bahan yang diperlukan.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa dan mahasiswi dapat menerapkan konsep suhu.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. menjelaskan pengertian suhu,
2. menjelaskan cara kerja termometer,
3. membedakan macam skala thermometer, dan
4. menjelaskan pemuaian benda.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Suhu
2. Termometer
3. Skala Termometer  
(Fahrenheit, Celcius, Reamur, Kelvin)
4. Jenis Pemuaian Benda (padat, cair, gas)

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 12.1
2. Lembar Uraian Materi 12.2
3. Lembar *PowerPoint* 12.3
4. Lembar penilaian 12.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
5'	<p><b>Kegiatan Awal</b></p> <p>1. Dosen bertanya jawab sebagai motivasi kepada mahasiswa-mahasiswi tentang suhu dan energi panas."Apakah perbedaan antara suhu dengan energi panas?"</p> <p>2. Mahasiswa-mahasiswi menjawab pertanyaan dosen.</p>	Brainstorming	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3
5'	<p>3. Dosen menyampaikan kompetensi dasar, indikator, dan menginformasikan langkah-langkah perkuliahan.</p>	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3
5'	<p><b>Kegiatan Inti</b></p> <p>1. Dosen memberikan penjelasan tentang suhu atau temperatur.</p>	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3
5'	<p>2. Mahasiswa-mahasiswi bekerja berpasangan membahas mengenai prinsip kerja termometer.</p>	Kerja Berpasangan	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3 Uraian Materi suhu 12.2
10'	<p>3. Dosen memberikan penguatan termometer dan macam skala termometer.</p>	Ceramah Bervariasi	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3
20'	<p>4. Mahasiswa-mahasiswi berkelompok yang terdiri 4 orang anggota mengerjakan LK 12.1.</p>	Kerja Kelompok	LK 12.1 Uraian Materi 12.2
10'	<p>5. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil pekerjaan dari LK 12.1.</p>	Presentasi	
10'	<p>6. Dosen memberikan penguatan tentang hasil diskusi dan pemuain benda.</p>	Ceramah Bervariasi	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3
20'	<p>7. Mahasiswa-mahasiswi menanyakan hal-hal yang masih belum jelas.</p>	Tanya Jawab	

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen meminta mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 12.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Mahasiswa diminta mengerjakan lembar penilaian 12.4 di rumah.	Bervariasi Penugasan	Lembar Penilaian 12.4

## Lembar Kegiatan 12.1



# MENGUKUR SUHU

### Pengantar

Dalam kehidupan sehari-hari kita dapat merasakan benda panas atau dingin. Agar kita dapat menentukan suhu benda dengan tepat maka kita membutuhkan alat pengukur suhu (temperatur) yang dikenal dengan istilah termometer. Umumnya, termometer dipakai untuk mengukur suhu ruang atau badan dengan cara membaca skalanya.

### Tujuan

Mengukur kenaikan suhu ketika mereka memanaskan air.  
Menggambar grafik dengan diagram batang.  
Membaca dan mengartikan kurva suhu yang diperoleh lewat eksperimen.

### Alat dan Bahan

Termometer	= 1 buah
Tabung Erlenmeyer	= 1 buah
Pembakar spiritus	= 1 buah
Sumbat karet	= 1 buah
Jembatan pembakar spiritus	= 1 buah
Stop Watch	= 1 buah
Penggaris berskala millimeter	= 1 buah
Kertas grafik	= secukupnya
Air	= secukupnya

### Langkah Kegiatan

- Mengukur kenaikan suhu ketika mereka memanaskan air
  - Isilah tabung Erlenmeyer dengan 100cm<sup>3</sup>. Kemudian, pasanglah sumbat karet yang dilengkapi dengan sebuah termometer pada bagian lehernya. Periksalah kembali apakah pentolan dari termometer seluruhnya sudah berada di atas permukaan air.
  - Kemudian, nyalakan pembakaran spiritus dan letakkan tabung Erlenmeyer tersebut diatas jembatan pembakaran spiritus.
  - Amatilah dan catatlah hasil pengamatan waktu pemanasan : 0 menit, 0,5 menit, 1 menit, 1,5 menit, 2 menit, 2,5 menit, 3 menit, 3,5 menit, dan 4 menit.
  - Masukkan di lembar pengamatan no. 1
- Menggambar grafik dengan diagram batang

- Buatlah grafik diagram batang dari hasil pengamatan pada butir 1, sesuai waktu pemanasan.
  - Sumbu vertikal diisi : Hasil suhu yang diamati dan yang telah dicatat.
  - Sumbu horizontal diisi: Lama waktu pemanasan
  - Kerjakan di lembar pengamatan no 2
3. Membaca dan mengartikan kurva suhu yang diperoleh lewat eksperimen
    - Setelah pengamatan dan pembuatan grafik diagram batang selesai, diskusikan hasil point 1 dan 2, kemudian catatlah hasil tersebut pada lembar pengamatan no. 3
  4. Buatlah simpulan dari 3 eksperimen tersebut diatas!

### **Pertanyaan Diskusi**

1. Apakah yang terjadi jika pemanasan air semakin lama? Jelaskan!
2. Jika air panas, apakah juga mempengaruhi perubahan suhu? Jelaskan!
3. Apakah kurva suhu selalu tetap? Jelaskan!
4. Apakah laju pemanasan selalu berjalan konstan? Jelaskan!

## Uraian Materi 12.2



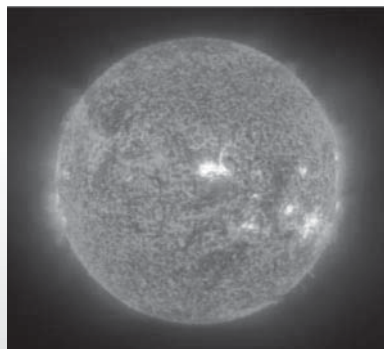
# S U H U

### A. Pengertian Suhu

Dalam kehidupan sehari-hari, tangan kita secara otomatis akan bergerak menjauhi benda jika kita secara tidak sengaja menyentuh sesuatu yang panas. Dengan kata lain, tangan memiliki kemampuan membedakan panas dinginnya suatu benda. Derajat panas inilah yang dalam ilmu fisika dikenal dengan istilah suhu atau temperature benda. Jadi suhu dapat didefinisikan sebagai derajat panas atau dinginnya suatu benda. Panas atau dinginnya suatu benda dipengaruhi oleh kecepatan rata-rata dari partikel-partikel penyusunnya. Jadi suhu dapat pula didefinisikan sebagai ukuran rerata kecepatan partikel penyusun suatu benda.

Di bawah ini merupakan beberapa contoh suhu dalam kehidupan sehari-hari:

Benda	Suhu rata-rata
Tubuh manusia	37°C
Air mendidih	100°C
Ruangan kerja yang nyaman	25°C
Permukaan matahari	6000°C



**Gambar 12.1 Permukaan Matahari yang Memiliki Suhu yang Tinggi**

Dalam sistem internasional suhu dinyatakan dalam satuan derajat kelvin. Pemahaman tentang suhu dan cara-cara pengukurannya merupakan hal yang penting mengingat suhu memiliki kaitan yang erat dengan besaran-besaran fisika yang lain. Sebagai contoh, pengetahuan tentang suhu merupakan salah satu faktor untuk memprediksikan cuaca di suatu tempat. Pengukuran suhu yang akurat juga akan membantu prediksi cuaca yang lebih baik

## B. Pengukuran Suhu

Meskipun tangan dapat membedakan derajat panas benda-benda, namun tangan dan anggota tubuh manusia yang lain melakukan pengukuran yang bersifat relatif. Sebagai contoh, air yang hangat akan dianggap panas jika tangan baru saja memegang suatu yang dingin, sementara dianggap dingin jika tangan bariu saja memegang sesuatu yang panas. Jadi benda yang sama akan direspon secara berbeda. Oleh karena itulah manusia mengembangkan berbagai piranti untuk mengukur suhu. Piranti pengukur suhu ini sekarang dikenal dengan nama termometer. Gambar 12.2 menunjukkan salah satu contoh termometer.



**Gambar 12.2 Contoh Termometer**

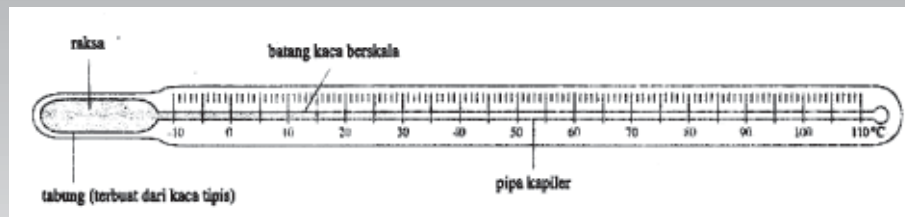
Bagaimanakah cara kerja termometer? Termometer dapat dikembangkan dengan memanfaatkan perubahan sifat fisis zat pada saat dipanaskan atau didinginkan. Sifat-sifat ini dikenal dengan sifat termionik zat. Beberapa sifat termometrik zat antara lain perubahan volume zat cair atau gas, perubahan panjang logam, dan perubahan hambatan listrik logam.

Raksa dan alkohol merupakan contoh zat cair yang memiliki sifat termometrik. Raksa dan alkohol mengalami perubahan fisis berupa peningkatan volume pada saat dipanaskan atau didinginkan. Raksa dan alkohol juga memiliki dua titik tetap (*fixed points*), yaitu titik tertinggi dan titik terendah. Jika raksa atau alkohol dimasukkan ke dalam gelas maka permukaannya akan naik atau turun sesuai dengan suhu lingkungannya.

### Termometer Gelas

Gambar 12. 3 adalah contoh termometer gelas. Termometer gelas merupakan alat pengukur suhu berupa tabung kaca berongga yang tertutup berisi cairan tertentu. Termometer ini dapat digunakan untuk mengukur suhu sebagai akibat perubahan volume cairan yang ada didalamnya ketika menerima kalor dari lingkungan atau pada saat memberikan kalor pada lingkungan. Cairan tersebut adalah indikator yang menunjukkan perubahan suhu yang terjadi. Zat cair yang banyak digunakan sebagai pengisi termometer adalah raksa dan alkohol.





**Gambar 12.3 Contoh Termometer**

Penggunaan raksa dan alkohol memiliki beberapa keuntungan juga kerugian. Jika kita gunakan raksa beberapa keuntungannya antara lain pemuaian yang merata, yaitu linier terhadap perubahan suhu, peka terhadap perubahan suhu sehingga dapat menunjukkan perubahan suhu dengan cepat, tidak membasahi dinding kaca pada saat memuai atau menyusut sehingga tidak mengganggu pembacaan, dan titik bekunya cukup rendah ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) dan titik didihnya tinggi ( $357^{\circ}\text{C}$ ) sehingga dapat mengukur suhu yang relatif rendah atau tinggi. Raksa juga memiliki warna mengkilat sehingga memudahkan pembacaan skala. Namun kekurangannya adalah mahal, beracun dan tidak mampu mengukur suhu yang rendah.

Jika digunakan alkohol, beberapa keuntungan yang didapatkan diantaranya peka terhadap perubahan suhu meskipun kurang peka jika dibandingkan dengan raksa, titik beku yang cukup rendah ( $-115^{\circ}\text{C}$ ) sehingga mampu mengukur suhu yang relatif rendah, dan harganya lebih murah daripada raksa. Beberapa kekurangan penggunaan alkohol adalah tidak berwarna, membasahi dinding dan mendidih pada suhu yang rendah sehingga sulit untuk mengukur suhu yang tinggi.

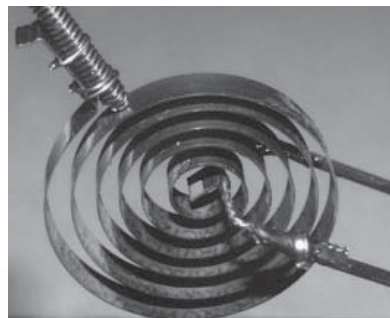
### **Termometer Non Gelas**

Beberapa jenis termometer non gelas diantaranya termometer termokopel, termometer bimetal dan termometer hambatan. Termokopel adalah alat ukur suhu yang didasarkan pada efek termoelektrik. Bila kedua logam yang berbeda misalnya besi dan tembaga disambungkan dengan cara tertentu dan dipanaskan, maka akan menghasilkan beda tegangan. Dari tegangan inilah kita dapat menentukan berapa suhu di lingkungan termokopel tersebut. Termokopel merupakan alat ukur suhu yang berguna karena dapat digunakan dalam rentang suhu yang besar, dapat ditempatkan dalam aliran fluida, dalam tungku yang sangat panas atau pada tubuh manusia. Karena terbuat dari logam, termokopel juga tidak mudah rusak. Gambar 12.4 di bawah merupakan salah satu contoh termokopel.



**Gambar 12.4 Termokopel**

Termometer bimetal memanfaatkan sifat logam yang memuai jika dipanaskan. Jika dua buah logam yang memiliki perbedaan pemuaian di lekatkan, maka logam akan melengkung jika dipanaskan (Gambar 12.5). Keping bimetal yang digunakan pada termometer ini umumnya tipis dan berbentuk spiral. Satu ujung spiral ditahan tetap (tidak dapat bergerak), sedangkan ujung lainnya menempel ke gir jarum penunjuk. Makin besar suhu, keping bimetal makin melengkung dan menyebabkan jarum penunjuk bergerak ke kanan menunjukkan angka yang lebih besar



**Gambar 12.5 Strip Bimetal**

Termometer juga dapat dikembangkan dengan melihat perubahan nilai hambatan yang dimiliki oleh suatu kawat penghantar. Bila seutas kawat logam dipanaskan, hambatan listriknya akan bertambah. Perubahan hambatan listrik ini kemudian diubah ke dalam pulsa-pulsa listrik. Pulsa listrik inilah yang menunjukkan suhu saat itu. Termometer hambatan banyak dikembangkan menjadi termometer digital (Gambar 12.6).



**Gambar 12.6 Termometer Digital**

## C. Skala Termometer

Pembuatan skala termometer dapat dilakukan dengan menentukan dua titik tetap, yaitu titik teratas dan terbawah. Kemudian membagi skala menjadi beberapa bagian yang disebut “derajat”.

### Skala Fahrenheit

Skala fahrenheit merupakan skala suhu yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari di negara-negara, misalnya Amerika Serikat, Kanada, dan Inggris. Skala ini mempunyai lambang  $^{\circ}\text{F}$ , yaitu derajat Fahrenheit dengan titik lebur es  $32^{\circ}\text{F}$  dan titik didih air  $212^{\circ}\text{F}$ . Jadi 32 sebagai titik bawah dan 212 sebagai titik tetap atas. Rentang nilai diantara titik tetap tersebut 180 derajat.

### Skala Celcius

Titik tetap bawah termometer skala Celcius ( $0^{\circ}\text{C}$ ) adalah suhu es yang sedang mencair. Sebagai titik tetap atas, skala Celcius menggunakan suhu air mendidih pada tekanan 1 atmosfer. Skala suhu di atas  $100^{\circ}\text{C}$  dan di bawah  $0^{\circ}\text{C}$  juga dapat diukur. Angka di atas  $100^{\circ}\text{C}$  diteruskan, sedangkan angka dibawah  $0^{\circ}\text{C}$  diberi tanda negatif, misalnya -1, -2, -3 dan seterusnya.

### Skala Reamur

Titik tetap bawah dan titik tetap atas skala Reamur penentuannya sama dengan skala Celcius. Namun, titik tetap atas skala Reamur diberi angka  $80^{\circ}\text{R}$ .

### Skala Kelvin

Skala kelvin diusulkan oleh Lord Kelvin sehingga skala suhu yang diusulkannya disebut skala Kelvin. Kelvin merancang skala suhu berdasarkan teori kinetik partikel. Pada suhu tertentu, partikel atau molekul suatu zat tidak lagi mengalami gerakan dan keadaan ini didefinisikan oleh Kelvin sebagai nol derajat mutlak atau disingkat 0 K. Derajat suhu 0 K ini setara dengan  $-273^{\circ}\text{C}$  sehingga  $0^{\circ}\text{C}$  akan setara dengan 273 K. Skala Kelvin mempunyai tingkat skala yang sama dengan Celcius, yaitu 100 skala antara titik lebur es dan titik didih air sehingga kedua suhu skala ini juga mempunyai hubungan khusus yaitu:

$$T (\text{K}) = T (^{\circ}\text{C}) + 273$$

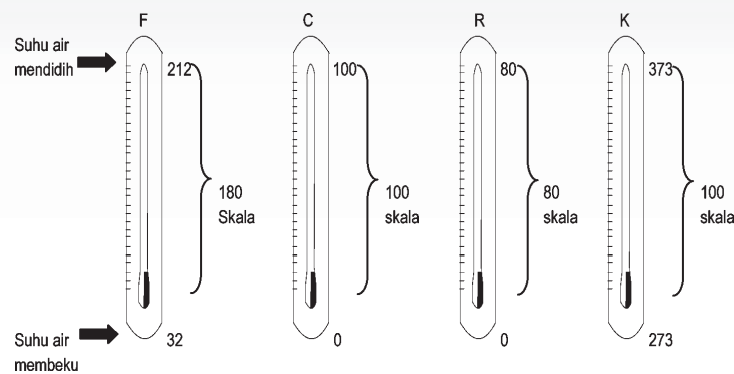
atau

$$T (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273$$

Skala Kelvin ini dijadikan sebagai skala pengukuran suhu dalam Sistem Internasional sehingga besaran pokok suhu mempunyai satuan Kelvin (K). Skala

Kelvin diusulkan pada tahun 1848 dan skala ini juga sering digunakan oleh ilmuwan sebab suhu yang dapat dibaca mulai dari absolut nol. Kalangan Ilmuwan lebih menyenangi skala Kelvin karena skala ini tidak dikalibrasi berdasarkan titik lebur dan titik didih air, tetapi dikalibrasi berdasarkan batasan energi batasan energi yang dimiliki oleh benda itu sendiri. Suhu nol mutlak berarti partikel di dalam benda sama sekali tidak memiliki energi kinetik.

Kita dapat melakukan konversi antarskala termometer. Artinya, kita dapat menentukan suhu dalam semua skala jika kita mengetahui angka suhu dalam suatu skala. Perhatikan gambar di samping! Dari gambar terlihat perbandingan lebar skala antara suhu air membeku dan suhu air mendidih antara skala F : C : R : K adalah 180 : 100 : 80 : 100 atau 9 : 5 : 4 : 5.



**Gambar 12.7 Perbandingan Skala Termometer**

Dari nilai perbandingan antar skala tersebut, dapat ditentukan hubungan antar skala untuk keperluan konversi suhu sebagai berikut.

**Hubungan antara skala**

Hubungan antar skala celsius dan reamur dapat dituliskan sebagai berikut.

$$t^{\circ}C = \frac{5}{4} x t^{\circ}R \text{ atau } t^{\circ}R = \frac{4}{5} x t^{\circ}C$$

Contoh :

a. Suhu  $60^{\circ}C \Rightarrow \frac{4}{5} x 60 = 48^{\circ}R$

b. Suhu  $60^{\circ}R \Rightarrow \frac{5}{4} x 60 = 75^{\circ}C$

Hubungan antar skala celsius dan Farenheit dapat dituliskan sebagai berikut.

$$t^{\circ}F = \left( \frac{9}{5} x t^{\circ}C \right) 32 \text{ atau } t^{\circ}C = \frac{5}{9} (t^{\circ}F - 32)$$

Contoh :

$$a. \text{ Suhu } 60^{\circ}C \Rightarrow \left(\frac{9}{5} \times 60\right) + 32 = 140^{\circ}F$$

$$b. \text{ Suhu } 122^{\circ}F \Rightarrow \frac{5}{9}(122 - 32) = 50^{\circ}C$$

Hubungan antar skala Celsius dan Kelvin dapat dituliskan sebagai berikut.

$$K = t^{\circ}C + 273$$

Contoh :

$$a. \text{ Suhu } 28^{\circ}C \Leftrightarrow 28 + 273 = 301 K$$

$$b. \text{ Suhu } 282 K \Leftrightarrow 282 - 273 = 9^{\circ}C$$

### C. Pemuaihan Benda Padat, Cair, Gas

Pada umumnya setiap benda akan memuai jika dipanaskan dan menyusut jika didinginkan. Namun kemampuan benda untuk memuai dan menyusut sangat dipengaruhi oleh jenis benda. Rel kereta api misalnya, perlu diberikan celah agar jika terjadi pemuaihan tidak membengkok (Gambar12.8)



**Gambar 12.8 Rel Kereta Api Melengkung Akibat Pemuaihan**

Berdasarkan eksperimen, perubahan panjang suatu batang sebanding dengan panjang batang dan perubahan suhu dengan catatan perubahan suhunya tidak sangat besar. Hubungan antara perubahan panjang, panjang awal, dan perubahan suhu adalah sebagai berikut.

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

di mana

- $\Delta L$  = Perubahan panjang (m)  
 $L_0$  = Panjang awal (m)  
 $\Delta T$  = Perubahan suhu (K)  
 $\alpha$  = Koefisien muai panjang ( $K^{-1}$ )

Jika panjang mula-mula batang adalah  $L_0$  maka panjang setelah pemanasan dapat dituliskan sebagai berikut.

Nilai koefisien muai panjang bergantung pada jenis benda. Di bawah ini adalah beberapa nilai koefisien muai panjang benda.

TABLE 13-1 Coefficients of Expansion, near 20°C		
Material	Coefficient of Linear Expansion, $\alpha$ ( $^{\circ}C$ ) <sup>-1</sup>	Coefficient of Volume Expansion, $\beta$ ( $^{\circ}C$ ) <sup>-1</sup>
<i>Solids</i>		
	$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$	
Aluminum	$25 \times 10^{-6}$	$75 \times 10^{-6}$
Brass	$19 \times 10^{-6}$	$56 \times 10^{-6}$
Copper	$17 \times 10^{-6}$	$50 \times 10^{-6}$
Gold	$14 \times 10^{-6}$	$42 \times 10^{-6}$
Iron or steel	$12 \times 10^{-6}$	$35 \times 10^{-6}$
Lead	$29 \times 10^{-6}$	$87 \times 10^{-6}$
Glass (Pyrex®)	$3 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$
Glass (ordinary)	$9 \times 10^{-6}$	$27 \times 10^{-6}$
Quartz	$0.4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
Concrete and brick	$\approx 12 \times 10^{-6}$	$\approx 36 \times 10^{-6}$
Marble	$1.4-3.5 \times 10^{-6}$	$4-10 \times 10^{-6}$
<i>Liquids</i>		
Gasoline		$950 \times 10^{-6}$
Mercury		$180 \times 10^{-6}$
Ethyl alcohol		$1100 \times 10^{-6}$
Glycerin		$500 \times 10^{-6}$
Water		$210 \times 10^{-6}$
<i>Gases</i>		
Air (and most other gases at atmospheric pressure)		$3400 \times 10^{-6}$

## Latihan

1. Bagaimana cara menetapkan skala termometer?
2. Mengapa termometer raksa tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu rendah?
3. Bagaimana hubungan skala celcius dengan skala kelvin?
4. Bagaimana suatu zat padat dikatakan mengalami pemuaian panjang?
5. Apa yang dimaksud dengan koefisien muai panjang suatu zat padat?

## Rangkuman

1. Suhu adalah derajat panas atau dingin suatu benda.
2. Termometer adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur suhu benda
3. Macam skala termometer meliputi Skala Fahrenheit, Skala Celcius dan Skala Reamur, dan Skala Kelvin.
4. Benda akan mengembang / memuai jika dipanaskan dan akan menyusut jika didinginkan.

## Lembar PowerPoint 12.3



# S U H U

### *Brainstorming :*

- ☞ Apakah perbedaan antara suhu dengan energi panas?



### Kompetensi Dasar :

- Menerapkan konsep suhu

### *Indikator :*

- Pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa dan mahasiswi dapat :
  1. menjelaskan pengertian suhu,
  2. menjelaskan cara kerja termometer,
  3. membedakan macam skala termometer, dan
  4. menjelaskan pemuaian benda

### *Langkah Perkuliahan*

- Pengantar
- Kerja Berpasangan
- Presentasi
- Penguatan
- Kerja kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Refleksi

- ❖ Suhu adalah Ukuran (derajat) panas dinginnya suatu benda





- Suhu suatu benda dipengaruhi oleh kecepatan rata-rata dari partikel-partikel penyusunnya
- Semakin tinggi suhu benda, semakin cepat partikelnya bergerak

### Suhu dan Kalor

- Segelas air mungkin memiliki suhu yang tinggi, namun energi kalornya jauh lebih kecil dari air danau

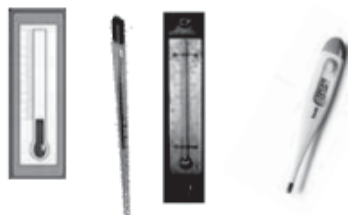
### Satuan suhu adalah derajat

Benda	Suhu rerata (derajat Celcius)
Tubuh manusia	37
Air mendidih	100
Ruang kerja	25
Permukaan matahari	6000

### Kerja Berpasangan

- Mahasiswa-mahasiswi melakukan kerja berpasangan.
- "Bagaimanakah cara kerja termometer?"
- Perwakilan pasangan mempresentasikan hasil kerja pasangan

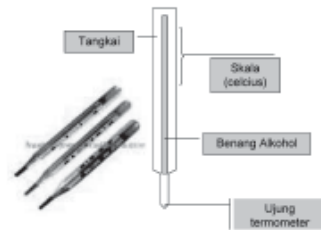
### TERMOMETER



### Cara penggunaan termometer



### BAGIAN PENYUSUN TERMOMETER



### Macam Skala Termometer

1. Skala Fahrenheit
2. Skala Celcius
3. Skala Reamur
4. Skala Kelvin

#### 1. Skala Fahrenheit

Titik tetap bawah termometer skala Fahrenheit ( $0^{\circ}\text{F}$ ) adalah suhu campuran es dan garam. Sebagai titik tetap atas mula-mula digunakan suhu tubuh manusia yang sehat ( $100^{\circ}\text{F}$ ). Namun, selanjutnya digunakan suhu air yang mendidih pada tekanan 1 atmosfer ( $212^{\circ}\text{F}$ ). Dalam skala Fahrenheit, titik lebur es atau titik beku diberi angka  $32^{\circ}\text{F}$ .

#### 2. Skala Celsius

Titik tetap bawah termometer skala Celsius ( $0^{\circ}\text{C}$ ) adalah suhu es yang sedang mencair. Sebagai titik tetap atas, skala Celsius menggunakan suhu air mendidih pada tekanan 1 atmosfer.

#### 3. Skala Reamur

Titik tetap bawah dan titik tetap atas skala Reamur penentuannya sama dengan skala Celsius. Namun, titik tetap atas skala Reamur diberi angka  $80^{\circ}\text{R}$ .

#### 4. Skala Kelvin

Skala Kelvin pada dasarnya sama dengan skala Celsius. Namun, skalanya tidak dimulai dengan  $0^{\circ}\text{C}$  tetapi dimulai dari  $-273^{\circ}\text{C}$  yang disebut titik nol mutlak ( $0\text{K}$ ). Oleh karena itu dalam skala Kelvin titik beku es dinyatakan dengan angka  $273\text{K}$  dan titik air dinyatakan dengan angka  $373\text{K}$ .

### Kerja Kelompok

- Setiap kelompok bekerja dengan panduan LK 12.1

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil kerja

### Pemuaiian benda padat

- ❖ Tutup botol logam sulit dibuka?
- ❖ Kawat listrik dijalan, putus?
- ❖ Kaca jendela, pecah?

Berilah ilustrasi tentang hal tersebut diatas!

### Benda padat, cair, gas akan :

- ✓ Memuai jika dipanaskan
- ✓ Menyusut jika didinginkan



### Pemuaiian Benda Cair

Benda cair lebih mudah memuai dan menyusut bila dibandingkan dengan benda padat

Contoh :



*Sifat pemuaiian benda cair diterapkan dalam proses pengemasan minuman/makanan kaleng*

Apakah isi minuman kaleng isinya penuh?  
Coba amati, bagaimana hasilnya?

### Refleksi

- Mahasiswa-mahasiswi merefleksikan kegiatan perkuliahan

## Lembar Penilaian 12.4



### A. Tes

**Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!**

1. Apakah yang dimaksud dengan suhu?
2. Bagaimana prinsip kerja termometer?
3. Sebutkan 3 keunggulan cairan air raksa pada sebuah termometer!
4. Bagaimana prinsip pemuaian gas?
5. Berilah 3 contoh dan keuntungan/kerugian tentang pemuaian dan penyusutan benda!

**Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.**

1. Ukuran derajat panas dinginnya suatu benda disebut...
  - a. Gaya
  - b. Tekanan
  - c. Temperatur
  - d. Suhu
2. Alat untuk mengukur suhu adalah...
  - a. Hidrometer
  - b. Termometer
  - c. Mikrometer
  - d. Ampermeter
3. Satuan suhu dalam SI...
  - a. Celcius
  - b. Fahreiheit
  - c. Reamur
  - d. Kelvin
4. Kelebihan raksa sebagai pengisi termometer diantaranya sebagai berikut, kecuali,...
  - a. Pemuaianya teratur
  - b. Daerah ukur luas
  - c. Tidak membasahi dinding tempatnya
  - d. Tidak berwarna
5. Pernyataan:
  - 1) Harganya murah
  - 2) Tidak berwarna
  - 3) Titik didihnya rendah
  - 4) Titik bekunya sangat rendahPernyataan diatas yang benar mengenai kelebihan alkohol sebagai pengisi termometer adalah...

- a. 1 dan 2
  - b. 2 dan 3
  - c. 3 dan 4
  - d. 1 dan 4
6. Batas ukur termometer suhu badan...
    - a. 35 °C sampai 42 °C
    - b. 32 °C sampai 45 °C
    - c. 0 °C sampai 100°C
    - d. 32°C sampai 212 °C
  7. termometer yang dapat digunakan untuk mengukur suhu tertinggi dan suhu terendah dalam suatu hari adalah termometer...
    - a. Celcius
    - b. Suhu ruang
    - c. Fahrenheit
    - d. Six-Bellani
  8. Titik tetap bawah dari termometer menggunakan...
    - a. Suhu air mendidih
    - b. Suhu campuran es dan garam
    - c. Suhu es melebur
    - d. Suhu uap air yang mengembun
  9. Zat cair pengisi termometer maksimum minimum Six-Bellani adalah...
    - a. Alkohol
    - b. Alkohol dan raksa
    - c. Gas
    - d. Raksa
  10. Bagian thermometer klinis yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan raksa adalah..
    - a. Tabung
    - b. Bagian sempit
    - c. Batang kaca
    - d. Raksa

## Daftar Pustaka

- Kamajaya, K. 2003. *Fisika SMU*. Jakarta: Grafindo Media Pratama.
- Kanginan, Marthen. 1991. *Fisika SMU*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Qodir, Zuhul Abdul, dkk. 1995. *Fisika SMU dan Pesantren*. Jakarta: Departemen Iptek dan ICMI.
- Suryanti, dkk. 2003. *Konsep Dasar IPA / FISIKA SD*. Surabaya: Universitas Surabaya
- Tim Seqip. 2000. *Buku IPA Guru*. Malang: Sciense Education Quality Improvement Project.
- Wahana UPI. *Konsep Dasar Fisika SD*. Buku Panduan dan Bahan Belajar Mandiri.

## Paket 13

# KALOR

### Pendahuluan



Paket 13 ini akan difokuskan pada masalah kalor atau energi panas. Pembahasan masalah kalor terkait erat dengan masalah suhu pada paket sebelumnya. Konsep energi panas juga mendasari pembahasan perubahan wujud yang akan dibahas pada paket berikutnya.

Perkuliahan dimulai dengan membangun konsep kalor dengan menghubungkannya pada masalah sehari-hari diikuti penegasan dosen bahwa kalor merupakan bentuk energi. Berikutnya dosen akan melakukan demonstrasi peningkatan suhu dilanjutkan dengan curah pendapat dan penguatan. Untuk membangun konsep perpindahan kalor mahasiswa akan melakukan kegiatan think pair and share dengan panduan LK 13.1. Pada akhir perkuliahan dosen meminta mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan lembar penilaian 13.4 di rumah.

Perkuliahan ini melibatkan demonstrasi pemanasan air. Oleh karena itu, sebaiknya dosen berkoordinasi dengan mahasiswa untuk menyiapkan berbagai peralatan yang dibutuhkan. Penggunaan kalorimeter sangat dianjurkan untuk melaksanakan demonstrasi ini. Penyiapan LCD proyektor juga akan memudahkan dosen dalam memberikan penguatan-penguatan.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menganalisis sifat-sifat zat dan hubungannya dengan kalor serta aplikasinya dalam kehidupan.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian kalor
2. menjelaskan pengaruh kalor pada benda,
3. menjelaskan pengaruh kalor pada kenaikan suhu benda,
4. menjelaskan perpindahan kalor, dan
5. membedakan konduksi, konveksi dan radiasi.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Kalor
2. Pengaruh Kalor terhadap Kenaikan Suhu Benda
3. Perpindahan Kalor
4. Konduksi, Konveksi dan Radiasi

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar kegiatan 13.1
2. Lembar Uraian Materi 13.2
3. Lembar *PowerPoint* 13.3
4. Lembar penilaian : 13.4
5. Alat dan bahan: LCD dan Komputer (disiapkan dosen sendiri)



## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
5'	1. Dosen bertanya kepada mahasiswa-mahasiswi tentang sifat kalor. Jika kita menggunakan selimut, maka badan kita akan terasa hangat. Bagaimanakah hal ini dapat dijelaskan?	Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 13.3
5'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar, indikator, dan menginformasikan langkah-langkah perkuliahan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 13.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
5'	1. Dosen membahas pertanyaan yang diajukan di awal perkuliahan dan menjelaskan konsep kalor.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 13.3
5'	2. Dosen mendemonstrasikan pemanasan air dengan menggunakan bunsen. Hal-hal apakah yang mempengaruhi kenaikan suhu air?	Demonstrasi	<i>Slide PowerPoint</i> 13.3 Pemanas Gelas Termometer Air
10'	3. Mahasiswa menyampaikan pemahamannya tentang pengaruh kalor terhadap kenaikan suhu.	Curah Pendapat	<i>Slide PowerPoint</i> 13.3 Uraian materi 13.2
15'	4. Dosen menyampaikan penguatan tentang pengaruh kalor terhadap kenaikan suhu dan memberikan contoh penyelesaian soal.	Ceramah dan Tanya Jawab Curah Pendapat	<i>Slide PowerPoint</i> 13.3
20	5. Mahasiswa bekerja individu untuk memahami perpindahan kalor. Hasil individu kemudian digabungkan dengan pasangan dan terakhir di sampaikan dalam kelompok	<i>Think Pair Share</i>	LK 13.1 Uraian Materi 13.2

1	2	3	4
15	6. Dosen menyampaikan penguatan tentang pengaruh kalor terhadap kenaikan suhu.	Penilaian	<i>Slide Power-Point 13.3</i>
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen meminta mahasiswa-mahasiswi merefleksikan perkuliahan.	Penugasan	<i>Slide PowerPoint 13.3</i>
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Mahasiswa-mahasiswi diminta mengerjakan lembar penilaian 13.4 di rumah dan mempelajari paket berikutnya.		

## Lembar Kegiatan 13.1



# PERPINDAHAN KALOR

### Pengantar

Panas atau kalor akan berpindah dari suhu tinggi ke suhu yang rendah. Perpindahan kalor dapat terjadi dengan tiga cara, yaitu konveksi, konduksi, dan radiasi. Bagaimanakah perbedaan konduksi, konveksi dan radiasi?

### Tujuan

Mengetahui cara perpindahan kalor (konveksi, konduksi, radiasi)

### Alat dan Bahan-bahan

1. Kertas Plano
2. Uraian materi 13.2

### Langkah Kegiatan

1. Bacalah uraian materi 13.2 pada bagian perpindahan kalor!
2. Apakah yang dimaksud konduksi, konveksi, dan radiasi?
3. Berikanlah contoh-contoh konduksi, konveksi, dan radiasi!
4. Apakah perbedaan antara konduksi, konveksi, dan radiasi?
5. Jelaskan perbedaan konduktor dan isolator!

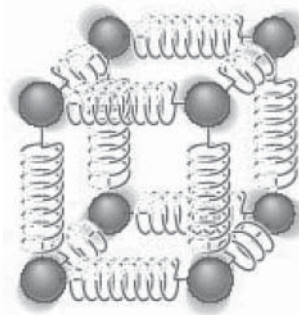
## Uraian Materi 13.2



# KALOR

## A. Pengertian Kalor

Apakah kalor itu? Pada awalnya para ilmuwan mengira bahwa kalor merupakan suatu cairan yang dapat berpindah dari benda yang panas menuju benda yang dingin. Namun kalor sesungguhnya adalah salah satu bentuk energi. Energi kalor dimiliki benda karena partikel-partikelnya sedang bergerak. Semakin tinggi kalor yang dimiliki, semakin cepat partikel-partikel benda tersebut bergerak. Gambar 13.1 menunjukkan model partikel suatu benda yang mengandung kalor. Kalor juga dapat diartikan sebagai energi yang dapat berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Sebagai contoh, jika kita campurkan air panas dengan air dingin maka akan terjadi aliran energi kalor dari air panas menuju air dingin. Kalor sering pula disebut dengan energi panas.



**Gambar 13.1 Model Gerak Partikel Zat**

Pengertian kalor atau energi panas sering dikacaukan dengan istilah suhu. Suhu adalah ukuran, tingkat, atau derajat panas dinginnya suatu benda. Sedangkan kalor adalah kandungan energi panas yang dimiliki benda. Sebagai contoh, sebuah danau suhu airnya lebih rendah dibandingkan dengan suhu segelas air mendidih. Namun air danau memiliki kalor atau energi panas yang lebih besar dibandingkan dengan segelas air mendidih.

Dalam kehidupan sehari-hari energi panas atau kalor umumnya didapatkan dari perubahan energi-energi yang lain. Ketika memasak, kita tentu memerlukan energi panas. Jika memasak dengan gas elpiji sebagaimana Gambar 13.2, berarti energi panas didapatkan dari perubahan energi kimia. Jika memasak menggunakan kompor listrik, berarti energi panas didapatkan dari perubahan energi listrik.



**Gambar 13.2 Kompor Elpiji**

### **A. Pengaruh Kalor Pada Suhu Benda**

Jika sebuah benda menerima kalor, ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi. Benda dapat mengalami perubahan suhu, mengalami pemuaian, dan mengalami perubahan wujud. Khusus untuk perubahan wujud dan pemuaian akan dibahas secara khusus pada Paket yang lain. Pada bagian ini akan ditekankan pada perubahan suhu benda dan pemuaian.

Jika sebuah benda menerima kalor, kenaikan suhu yang dialaminya dipengaruhi oleh banyaknya kalor yang diberikan, massa benda dan jenis benda. Semakin banyak kalor yang diberikan kepada benda, maka semakin besar pula kenaikan suhu benda tersebut. Sebagai contoh, diperlukan waktu yang lebih lama untuk memanaskan 1 liter air 30 °C menjadi 1 liter air 80 °C dibandingkan dengan memanaskan 1 liter air 30 °C menjadi 1 liter air 40 °C. Jadi dengan kalor yang lebih besar kenaikan suhu benda akan menjadi lebih besar.

Semakin besar massa benda yang akan dinaikkan suhunya, semakin kecil perubahan suhu yang dialaminya. Misalnya, diperlukan sedikit kalor untuk menghangatkan 1 liter air, namun energi kalor yang lebih besar diperlukan untuk menghangatkan suhu air di lautan karena massanya yang sangat besar (Gambar 13.3).



**Gambar 13.3 Diperlukan Energi yang Besar untuk Memanaskan Lautan**

Kenaikan suhu benda yang menerima kalor juga dipengaruhi oleh jenis benda. Pada benda-benda tertentu sedikit kalor dapat menaikkan suhunya dengan pesat, sementara pada benda yang lain cukup lambat. Jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan 1 kg benda sebesar 1 °C dikenal dengan kalor jenis benda.

Berikut adalah kalor jenis beberapa benda.

Substance	Specific Heat Capacity J/kg · °C
Solids	
aluminum	900
copper	387
glass	840
human body (37°C)	3500
ice (-15° C)	2000
steel	452
lead	128
silver	235

Pengaruh kalor terhadap peningkatan suhu suatu benda dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

dimana

Q = Kalor yang diperlukan satuannya joule

m = massa benda satuannya kg

c = kalor jenis benda satuannya J/kg°C

$\Delta T$  = perubahan / selisih suhu satuannya °C atau °K dengan  $\Delta T = T_1 - T_2$

T<sub>1</sub> = Suhu rendah satuannya °C atau °K

T<sub>2</sub> = Suhu tinggi satuannya °C atau °K.

Sebagai contoh kita akan menentukan besarnya kalor yang diperlukan untuk meningkatkan suhu 1 kg aluminium dari 30 °C menjadi 80 °C. Hal-hal yang diketahui adalah:

m = 1 kg

c = 900 J/kg°C

T<sub>1</sub> = 30 °C

T<sub>2</sub> = 80 °C

$\Delta T$  = 50 °C

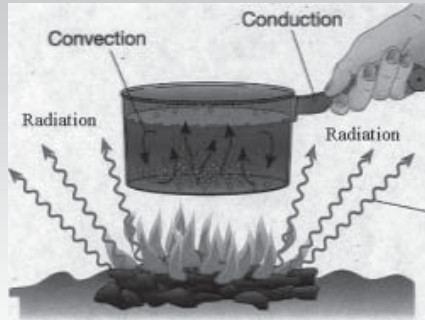
Q = m.c.ΔT

Q = 1.900.50

Q = 45000 J = 45 KJ

Jadi, kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg Aluminium dari 30 °C sampai dengan 50 °C adalah 45 KJ.

### C. Perpindahan Kalor



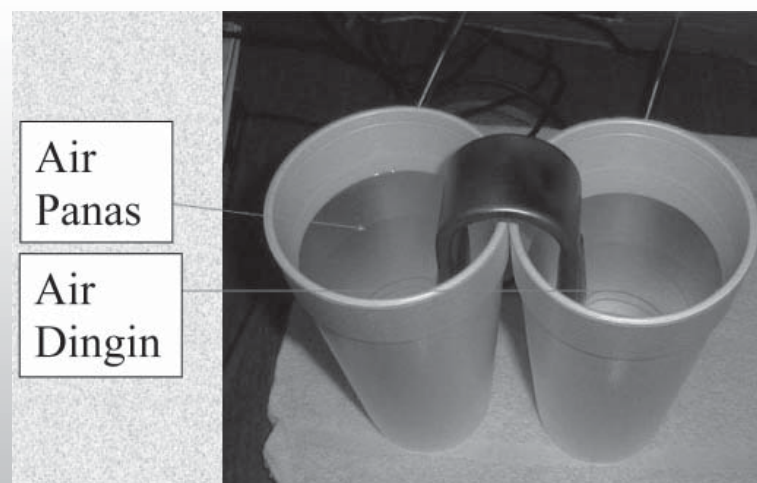
Gambar 13.4 Perpindahan Kalor

Bagaimana kalor dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain? Ada tiga cara perpindahan kalor sebagaimana Gambar 13.4, yaitu

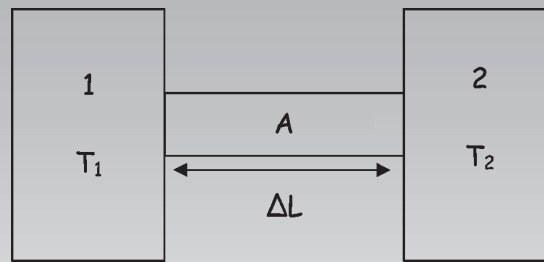
1. konduksi,
2. konveksi, dan
3. radiasi.

#### Konduksi

Kalor berpindah tempat melalui suatu medium, namun medium yang dilewatinya tidak turut mengalir atau berpindah tempat. Medium penghantar kalor jenis ini biasanya adalah fasa padat. Pada gambar 13.5 air dingin dan air panas yang dihubungkan dengan pelat tembaga akan mencapai keseimbangan karena adanya konduksi kalor.



Gambar 13.5 Perpindahan Kalor secara Konduksi



**Gambar 13.6 Model Konduksi Kalor**

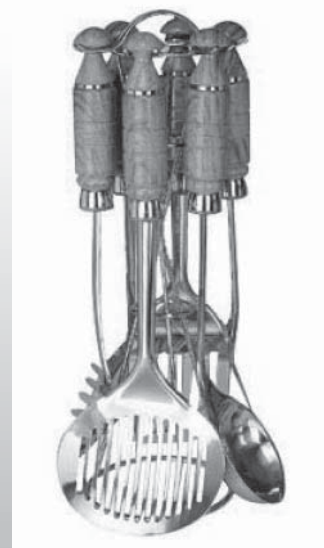
Dua benda mempunyai suhu  $T_1$  dan  $T_2$  dengan  $T_1 > T_2$  sebagaimana gambar 13.6. Apabila kedua benda ini dihubungkan oleh sebuah batang konduktor panas, maka akan terjadi aliran kalor dari benda 1 ke benda 2 melalui batang tersebut. Hantaran panas secara konduksi dalam bahan ini adalah jumlah

panas yang mengalir per detik  $H = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$  dirumuskan secara empirik melalui persamaan sebagai berikut.

$$H = K \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta L}$$

Adapun yang dimaksud dengan H adalah jumlah kalor yang mengalir per detik dari dua benda yang memiliki beda suhu  $\Delta T = (T_1 - T_2)$ , melalui suatu batang yang panjangnya  $\Delta L$  dan luas penampangnya A. Adapun K adalah tetapan yang merupakan ciri khas bahan yang digunakan sebagai bahan penghantarnya. Dengan demikian, satuan H adalah [Joule/detik], satuan K adalah [Joule/m.det. $^{\circ}$ K].

Terkait dengan kemampuan benda menghantarkan kalor, kita mengenal istilah konduktor dan isolator. Konduktor adalah benda-benda yang mudah menghantarkan kalor sedangkan isolator adalah benda yang sulit menghantarkan kalor. Benda-benda yang terbuat dari logam umumnya bersifat konduktor. Benda semacam ini dalam kehidupan sehari-hari digunakan sebagai alat untuk memasak. Sedangkan isolator banyak digunakan sebagai pegangan alat memasak.



**Gambar 13.7 Konduktor dan Isolator**



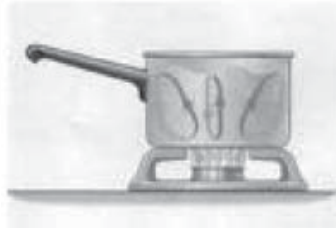
## Konveksi

Perpindahan kalor dengan cara konveksi ini terjadi karena proses molekul medium bergerak sambil membawa energi panas dari suatu bagian ke bagian lain dalam ruang tersebut. Contoh peristiwa perpindahan panas secara konveksi adalah menyebarnya kalor di seluruh air di dalam cerek yang kita jerang Gambar 13.8, atau mengalirnya kalor dari permukaan air laut yang dibawa oleh angin menuju daratan.

Konveksi panas  $H$  adalah jumlah kalor yang mengalir perdetik ( $\Delta Q/\Delta t$ ) dinyatakan yang dalam pernyataan matematisnya berikut.

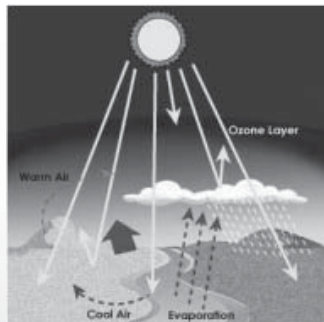
$$H = h \cdot A \cdot \Delta T.$$

Dengan  $h$  adalah koefisien konveksi,  $A$  adalah luas penampang fluida dan  $\Delta T$  adalah perubahan suhu. Satuan  $H$  adalah [Joule perdetik] dan satuan  $h$  adalah [joule/m<sup>2</sup>.det.°K]



Gambar 13.8 Contoh Konveksi

## Radiasi



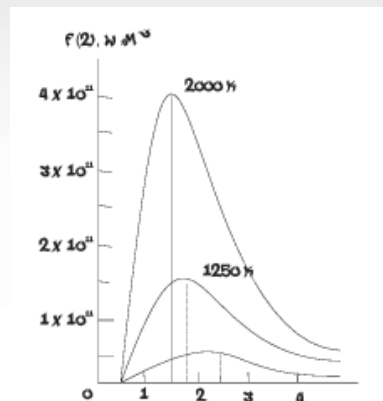
Gambar 13.9 Contoh Radiasi

Contoh perambatan kalor secara radiasi ini adalah pancaran energi surya sampai ke bumi sebagaimana Gambar 13.9, lampu yang menyala dan memanaskan ruang, gelombang mikro yang memanaskan masakan. Pada dasarnya energi panas atau kalor sampai ke tempat lain dengan cara dipancarkan dan bahkan tidak memerlukan medium.

Pancaran energi  $E$  ini dirumuskan oleh hukum Stefan - Boltzman sebagai berikut.

$$E = e \cdot \sigma \cdot T^4$$

Dengan  $e$  adalah tetapan emisivitas sebagai tetapan murni,  $\sigma$  adalah konstanta Stefan - Boltzman yang harganya  $(5,675 \times 10^{-8} \text{ watt/m}^2 \text{ K})^4$ , dan  $T$  adalah suhu mutlak (Kelvin). Pada dasarnya pancaran gelombang ini sangat bergantung pada panjang gelombang energi gelombang yang dipancarkan. Bentuk perpindahan energi panas dengan cara ini sering juga disebut radiasi benda hitam, karena merupakan gejala dari pemancaran energi suatu benda yang berwarna hitam dan dipanaskan sampai suhu yang sangat tinggi. Banyaknya intensitas atau energi persatuan luas per detiknya yang dipancarkan benda hitam sebagai fungsi dari panjang gelombang. Gambar 13.10 adalah spektrum radiasi.



Gambar 13.10 Spektrum Radiasi

## Latihan

1. Benarkah bahwa kalor merupakan zat alir?
2. Apa yang dimaksud kalor jenis? Jelaskan!
3. Mengapa panas cahaya matahari sangat menyengat pada waktu siang hari?
4. Mengapa udara di atas kompor lebih panas dari di samping kompor?
5. Sebut dan jelaskan pengaruh kalor terhadap suhu benda!

## Rangkuman

1. Kalor adalah salah satu bentuk energi.
2. Jika benda menerima kalor benda dapat meningkat suhunya, berubah ukurannya atau berubah wujudnya.
3. Peningkatan suhu benda yang menerima kalor berbanding lurus dengan banyaknya kalor yang diterima dan berbanding terbalik dengan massa benda
4. Kalor jenis adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk meningkatkan suhu benda yang bermassa 1 kg sebanyak 1 derajat celsius.
5. Kalor dapat berpindah dari satu tempat ketempat lain melalui cara konduksi, konveksi atau radiasi.

## Lembar Powerpoint 13.3



# KALOR

### Pertanyaan

- Mengapa berselimut membuat tubuh kita menjadi hangat?



### KOMPETENSI DASAR

- menganalisis sifat-sifat zat dan hubungannya dengan kalor serta aplikasinya dalam kehidupan

3

### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian kalor
- menjelaskan pengaruh kalor pada benda,
- menjelaskan pengaruh kalor pada kenaikan suhu benda,
- menjelaskan perpindahan kalor, dan
- membedakan konduksi, konveksi dan radiasi

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Ceramah
- Demonstrasi
- Curah Pendapat
- Penguatan
- *Think Pair and Share*
- Penguatan
- Refleksi

5

### Kalor

- Salah satu bentuk energi
- Mengikuti hukum kekekalan energi
- Kalor berbeda dengan suhu



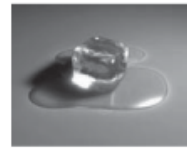
## Kalor

- Karena partikel penyusun benda memiliki gerakan atau energi kinetik



## Pengaruh Kalor Pada Benda

- Perubahan suhu
- Perubahan ukuran
- Perubahan wujud



## Demonstrasi

- Perhatikan demonstrasi berikut



## Curah Pendapat

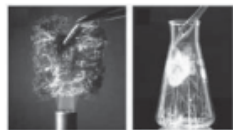
- Bagaimanakah pengaruh kalor terhadap suhu benda?

10

## Kenaikan Suhu

Dipengaruhi:

- Banyaknya Kalor
- Massa Benda
- Jenis Benda



## Rumusan

$$Q = m c \Delta t$$

Q = Kalor yang diperlukan satuannya joule

m = massa benda satuannya kg

c = kalor jenis benda satuannya J/kg°C

$\Delta T$  = perubahan / selisih suhu satuannya °C atau °K dengan  $\Delta T = T_1 - T_2$

T1 = Suhu rendah satuannya °C atau °K

T2 = Suhu tinggi satuannya °C atau °K.

12

### Kalor Jenis

- Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda 1 kg sebesar satu derajat celcius

13

### Kalor Jenis

Substance	Specific Heat Capacity J/kg °C
Solids	
aluminium	900
copper	387
glass	840
human body (37°C)	3500
ice (-15° C)	2000
steel	452
lead	128
silver	235

14

### Contoh

- Berapa besarnya kalor yang diperlukan untuk meningkatkan suhu 2 kg aluminium dari 30 °C menjadi 80 °C?

15

### Penyelesaian

- Hal-hal yang diketahui adalah:
  - $m = 1 \text{ kg}$
  - $c = 900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
  - $T_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
  - $T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$
  - $\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$
  - $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$   
 $Q = 2.900.50$   
 $Q = 90000 \text{ J} = 90 \text{ KJ}$
- Jadi, kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg Aluminium dari 30 °C sampai dengan 80 °C adalah 90 KJ.

16

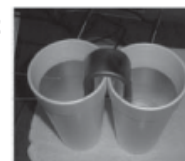
### Think Pair Share

- Kerja Individu, berpasangan, dan kemudian berkelompok
- Gunakan LK 13.1

17

### Konduksi

- Kalor berpindah tempat melalui suatu medium, namun medium yang dilewatinya tidak turut berpindah tempat



## Konveksi

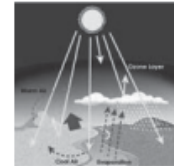
- molekul medium bergerak sambil membawa energi panas dari suatu bagian ke bagian lain



19

## Radiasi

- Pancaran gelombang



20

## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

21

## Tindak lanjut

- Kerjakan Lembar Penilaian 13.4 di rumah.
- Pelajari paket berikutnya

22

## Lembar Penilaian 13.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan yang dimaksud dengan kalor!
2. Jelaskan bahwa kalor merupakan salah satu bentuk energi!
3. Mengapa matahari disebut sebagai sumber utama energi kalor di Bumi?
4. Jelaskan pengaruh kalor terhadap suatu benda!
5. 1 kg aluminium memiliki suhu sebesar  $30^{\circ}\text{C}$ . Jika pada aluminium tersebut diberikan kalor sebanyak 4,5 KJ, berapakah suhu akhir aluminium?
6. Berapakah kalor yang diperlukan untuk meningkatkan suhu tembaga dari  $30^{\circ}\text{C}$  menjadi  $50^{\circ}\text{C}$ ?
7. Jelaskan perbedaan antara konduksi dan konveksi!
8. Jelaskan perambatan kalor dari kompor elpiji menuju air yang dimasak dengan panci!

## Daftar Pustaka

Kamajaya. 2003. *Fisika SMU*. Bandung: Grafindo Media Pratama.

Kanginan, Marthen. 1991. *Fisika SMU*. Jakarta: Penerbit Erlangga

Qodir, Zuhul Abdul, dkk. 1995. *Fisika SMU dan Pesantren*. Departemen Iptek dan ICMI

Suryanti, dkk, 2003. *Konsep Dasar IPA/FISIKA SD*. Surabaya: Universitas Surabaya.

Tim Seqip. 2000. *Buku IPA Guru*. Malang: Science Education Quality Improvement Project.

Wahana UPI. *Konsep Dasar Fisika SD*. Buku Panduan dan Bahan Belajar Mandiri. Bandung: UPI Bandung.



## Paket 14

# PERUBAHAN WUJUD

## Pendahuluan



Pada paket 14 ini mahasiswa-mahasiswi akan mempelajari konsep perubahan wujud, sebuah konsep fisika yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Konsep perubahan wujud terkait dengan oleh konsep sebelumnya yaitu konsep kalor.

Perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi kepada mahasiswa-mahasiswi akan pentingnya mempelajari konsep perubahan wujud. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan mengamati proses perubahan wujud dengan cara dosen mendemonstrasikan peleburan es pada sebuah kalorimeter. Kemudian mahasiswa-mahasiswi bekerja berkelompok untuk mendiskusikan konsep perubahan wujud dengan bantuan LK 14.1. Untuk menguatkan pemahaman mahasiswa - mahasiswi, dosen juga memberikan penegasan konsep dan memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya jawab.

Untuk kelancaran kegiatan perkuliahan, dosen dapat meminta bantuan mahasiswa-mahasiswi untuk mempersiapkan set kalorimeter dan bahan-bahan yang lain. Uraian materi juga dapat diberikan pada pertemuan sebelumnya sehingga mahasiswa-mahasiswi telah siap ketika perkuliahan dimulai.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menganalisis sifat-sifat zat dan hubungannya dengan kalor serta aplikasinya dalam kehidupan.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian perubahan wujud zat,
2. mendeskripsikan karakteristik perubahan wujud,
3. menghitung kalor yang diperlukan untuk perubahan wujud, dan
4. menerapkan konsep perubahan wujud untuk memecahkan masalah fisika sehari-hari.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian perubahan wujud
2. Karakteristik perubahan wujud.
3. Jumlah kalor yang diperlukan untuk perubahan wujud.
4. Penerapan konsep perubahan wujud.

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 14.1
2. Lembar Uraian materi 14.2
3. Lembar *PowerPoint* 14.3
4. Lembar Penilaian 14.4
5. Alat dan Bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen sendiri)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
3'	1. Dosen meminta mahasiswa-mahasiswi untuk membuat prediksi. Pertanyaan yang diajukan adalah sebagai berikut. Apakah yang akan terjadi jika es yang sedang mencair diberi kalor atau panas?	Curah Pendapat	Slide PowerPoint 14.3
5'	2. Dosen mendemonstrasikan dengan kalorimeter bahwa suhu es mencair tetap meskipun es mendapatkan kalor.	Demonstrasi dan Ceramah	Set Kalorimeter Es batu Pemanas
2	3. Dosen menyampaikan tujuan perkuliahan.	Ceramah	Slide PowerPoint 14.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
25'	1. Mahasiswa-mahasiswi bekerja kelompok dengan panduan LK 14.1 dan uraian materi 14.3.	Kerja Kelompok	LK 14.1 dan Uraian Materi 14.2 Kertas plano dan spidol
15'	2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi, kelompok yang lain menanggapi.	Presentasi	
10'	3. Dosen memberikan penguatan materi perubahan wujud.	Ceramah bervariasi	Slide PowerPoint 14.3
15'	4. Mahasiswa-mahasiswi mempertanyakan hal-hal yang belum jelas tentang perubahan wujud.	Tanya Jawab	
15	5. Mahasiswa-mahasiswi berlatih memecahkan masalah perubahan wujud.	Kerja Mandiri	Lembar Penilaian 14.4

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan akhir</b> 1. Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai materi yang didiskusikan.	Presentasi	Kertas Plano dan Spidol
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas latihan soal.	Penugasan	Lembar Penilaian 14.4

## Lembar Kegiatan 14.1



# KALOR MEMPENGARUHI PERUBAHAN WUJUD ZAT

### Pengantar

Peristiwa perubahan wujud sering kali terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Bagaimanakah ilmu fisika dapat menjelaskan hal ini? Hal-hal apakah yang mempengaruhi perubahan wujud? Melalui kegiatan ini mahasiswa diharapkan dapat memahami konsep perubahan wujud, karakteristik, dan penerapannya.

### Tujuan

Mengidentifikasi karakteristik perubahan wujud benda

### Alat dan Bahan

1. Kertas plano
2. Spidol

### Langkah Kegiatan

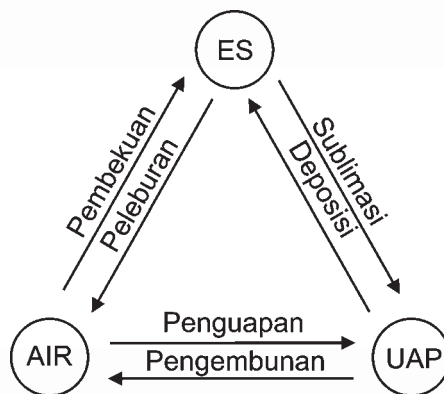
1. Bacalah uraian materi 14.3 dan sumber bacaan lain tentang perubahan wujud.
2. Diskusikan apakah yang dimaksud dengan perubahan wujud!
3. Jelaskan kaitan antara perubahan wujud dengan kalor !
4. Apakah yang dimaksud dengan titik lebur, titik didih, dan titik uap?
5. Bagaimanakah cara menghitung energi kalor yang diperlukan ketika sebuah benda mengalami perubahan wujud ?
6. Tuliskan hasil kerja kelompok Anda dengan kreatif di kertas plano.

## Uraian Materi 14.2



# PERUBAHAN WUJUD

Kita sering menjumpai benda-benda di sekitar kita yang mengalami perubahan sehingga benda dapat mengalami perubahan sifat. Perubahan-perubahan tersebut ada yang dapat kembali ke bentuk semula, tetapi ada juga yang tidak dapat kembali ke bentuk semula. Sebagai contoh air yang didinginkan di dalam kulkas akan menjadi es, tetapi bila es kita biarkan di tempat terbuka pada suhu ruang, es tersebut akan berubah wujud menjadi air kembali setelah beberapa lama. Apa yang terjadi bila setumpuk kertas bekas kita bakar? Apakah hasil pembakaran dapat kembali ke wujud semula?

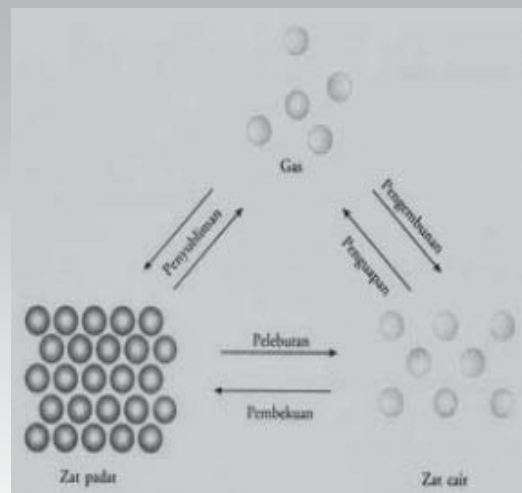


**Gambar 14.1. Skema Perubahan Wujud Air**

Uraian berikut ini membahas perubahan wujud zat, dari bentuk padat menjadi cair atau menjadi gas dan sebaliknya, serta berbagai faktor yang mempengaruhi perubahan wujud zat tersebut.

### A. Perubahan Wujud

Perubahan wujud zat ada dua jenis, yaitu perubahan fisika dan perubahan kimia. Setiap perubahan wujud zat dapat mengalami perubahan sifat. Perubahan zat yang dapat kembali ke wujud semula atau perubahan yang bersifat sementara yang disebut perubahan fisika. Namun ada juga perubahan wujud yang tidak dapat kembali ke wujud semula atau perubahan bersifat tetap dan menghasilkan benda atau zat yang baru yang wujud dan susunannya berbeda. Perubahan wujud ini disebut perubahan kimia.



**Gambar 14.2 Perubahan Wujud Zat Padat Menjadi Zat Cair, Zat Cair Menjadi Gas, dan Gas Menjadi Padat, Serta Sebaliknya.**

## B. Kalor Mempengaruhi Perubahan Wujud Zat

Perubahan wujud zat dapat terjadi karena pemanasan dan pendinginan. Apabila suatu zat padat dipanaskan suhunya akan naik sampai suhu tertentu dimana zat itu mulai mencair. Bila pemanasan dilanjutkan, suhu cairan akan naik sampai suhu tertentu dimana cairan mulai mendidih. Seperti halnya pada saat mencair, suhu cairan juga tidak akan berubah hingga semua berubah menjadi gas.

Bagaimana kita dapat menjelaskan perubahan ini? Zat padat terdiri atas partikel-partikel yang sangat kecil yang saling terikat oleh pegas-pegas. Pegas-pegas mewakili gaya elektromagnetik antarpartikel. Ketika energi panas zat padat itu dinaikkan, energi potensial dan kinetik partikel-partikel juga naik. Pada suhu tinggi, gaya antarpartikel itu tidak cukup kuat untuk tetap mempertahankan partikel-partikel itu pada tempat yang tetap. Partikel-partikel ini masih berikatan, namun partikel-partikel ini mempunyai kebebasan bergerak. Akhirnya partikel-partikel itu menjadi cukup bebas untuk saling melewati. Pada titik ini, zat berubah dari padat menjadi cair. Suhu dimana padatan berubah menjadi cairan disebut titik cair (titik leleh).

Ketika suatu bahan sedang mencair, penambahan energi panas dapat meningkatkan energi potensial partikel-partikel, yaitu melepaskan ikatan-ikatannya. Penambahan energi panas tidak menaikkan suhu. Setelah semua zat melebur, selanjutnya penambahan panas dapat meningkatkan suhu. Penambahan energi panas meningkatkan energi potensial dan kinetik. Ketika suhu naik, beberapa partikel dalam zat cair memperoleh cukup energi untuk melepaskan ikatan-ikatannya dengan partikel-partikel lain. Pada suhu tertentu

yang dikenal sebagai titik didih, yaitu suhu dimana cairan mendidih. Penambahan energi menyebabkan perubahan wujud yang lain. Energi ini tidak menaikkan suhu, namun mengubah partikel-partikel yang berwujud cair menjadi partikel-partikel dalam wujud uap atau gas. Pada tekanan atmosfer normal, air mendidih pada 373 K. Jumlah energi panas yang diperlukan untuk menguapkan 1 Kg suatu cairan disebut kalor penguapan. Tiap-tiap zat mempunyai kalor penguapan yang karakteristik dan berbeda dengan kalor penguapan zat yang lain. Untuk air kalor penguapannya adalah  $2,26 \cdot 10^6$  J/Kg.

Apabila kita mencelupkan kelereng panas ke dalam gelas berisi air dingin, maka setelah beberapa saat suhu air di dalam gelas akan naik. Sementara suhu kelereng akan turun. Mengapa demikian ? Hal ini terjadi karena ada energi yang berpindah dari kelereng (benda bersuhu tinggi) ke air (benda bersuhu rendah) yang disebut kalor.

Bagaimanakah pengaruhnya bila benda menerima atau melepaskan kalor? Apabila benda menerima atau melepaskan kalor, akan terjadi perubahan suhu atau wujud pada benda tersebut. Sebagai contoh, ketika kita memasak air, setelah beberapa saat air yang mula-mula dingin akan menjadi panas. Hal ini terjadi karena air menerima kalor dari api. Jika pemanasan diteruskan, suatu saat suhu air tetap dan air mendidih. Pada saat ini kalor yang diterima air digunakan untuk mengubah air menjadi uap.

Hal yang sebaliknya terjadi ketika uap air kembali menjadi air. Uap air akan melepaskan energi kalornya dan diterima lingkungan. Untuk menjadi es air juga harus melepaskan kalornya ke lingkungan. Secara awam hal ini sering disebut dengan pendinginan. Lemari es misalnya, berfungsi menyerap kalor air sehingga air akan menjadi es.

Adapun besarnya kalor yang diterima atau dilepaskan (Q) oleh sebuah benda bergantung pada beberapa faktor, yaitu massa benda (m), jenis benda (c), dan perubahan suhu ( $\Delta t$ ) pada benda. Secara matematis hubungan tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

Dengan: Q = Kalor yang diperlukan atau dibebaskan, dalam satuan (J)

m = massa benda, dalam satuan kg

C = kalor jenis benda, dalam satuan J/kg<sup>0</sup>C

$\Delta t$  = Perubahan suhu, dalam satuan <sup>0</sup>K atau <sup>0</sup>C



Besarnya kalor yang diterima atau dilepaskan ( $Q$ ) oleh sebuah benda yang mengalami perubahan wujud bergantung pada massa benda ( $m$ ) dan kalor lebur benda ( $L$ ). Secara matematis hubungan tersebut dirumuskan:

$$Q = m \times L$$

Dengan:  $Q$  = Kalor yang diperlukan atau dibebaskan, dalam satuan (J)  
 $m$  = massa benda, dalam satuan kg  
 $L$  = kalor laten, dalam satuan J/kg

#### Contoh 14.1

Sebanyak 3,5 liter air pada suhu ruang ( $25^{\circ}$ ) dipanaskan dalam ceret listrik sampai suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Tentukan jumlah kalor yang diserap air tersebut untuk menaikkan suhunya. Asumsikan bahwa kerapatan air  $\rho = 1000\text{g/L}$ , dan kalor jenis air  $4,18\text{J/g}^{\circ}\text{C}$

Ditanya :  $Q$  ?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta t \\ &= (\rho \times v) \times c \times \Delta t \\ &= (1000 \text{ g/L} \times 3,5 \text{ L}) \times 4,18 \text{ J/g}^{\circ}\text{C} \times (80 - 25)^{\circ}\text{C} \\ &= 804650 \text{ J atau } 804,650 \text{ kJ.} \end{aligned}$$

Jadi kalor yang diserap air untuk menaikkan suhunya adalah 804,650 KJ.

#### Contoh 14.2

Sebanyak 4 kg es pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  dipanaskan sehingga seluruhnya berubah menjadi air. Tentukan jumlah kalor yang diserap e tersebut. ( $L=80 \text{ J/kg}$ )

Ditanya :  $Q$  ?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q &= m \times L \\ &= 4 \text{ kg} \times 80 \text{ J/kg} = 320 \text{ J.} \end{aligned}$$

Jadi kalor yang diserap es adalah 80 J.

### Latihan

1. Jelaskan contoh-contoh yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari terkait dengan perubahan wujud suatu benda!
2. Untuk memasak 6,75 liter air pada suhu ruang, air dalam panci dipanaskan sampai mendidih. Tentukan jumlah kalor yang diserap air tersebut sampai air menguap. Asumsikan kerapatan air  $\rho = 2000 \text{ g/L}$ , dan kalor jenis air  $543,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$  !

### Rangkuman

1. Perubahan wujud adalah proses perubahan dari wujud yang satu menjadi wujud yang lain.
2. Pada perubahan wujud selalu terjadi pelepasan kalor atau penerimaan kalor.
3. Proses perubahan wujud terjadi suhu tertentu.
4. Perubahan wujud terjadi karena perubahan struktur mikroskopis benda.

## Lembar PowerPoint 14.3



# PERUBAHAN WUJUD

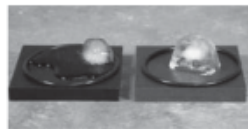
### Es yang mencair

Apakah yang akan terjadi jika balok es yang sedang mencair diberikan kalor?



### Demonstrasi

Perhatikan demonstrasi berikut



### KOMPETENSI DASAR

- menganalisis sifat-sifat zat dan hubungannya dengan kalor serta aplikasinya dalam kehidupan

### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian perubahan wujud zat,
- mendiskripsikan karakteristik perubahan wujud,
- menghitung kalor yang diperlukan untuk perubahan wujud, dan
- menerapkan konsep perubahan wujud untuk memecahkan masalah fisika sehari-hari.

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Demonstrasi
- Kerja Kelompok
- Presentasi
- Penguatan dan Tanya Jawab
- Kerja Mandiri
- Refleksi

### Kerja Kelompok

- Mahasiswa membentuk kelompok
- Bekerja dengan panduan LK 14.1

7

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Demonstrasi
- Kerja Kelompok
- Presentasi
- Penguatan dan Tanya Jawab
- Kerja Mandiri
- Refleksi

6

### Kerja Kelompok

- Mahasiswa membentuk kelompok
- Bekerja dengan panduan LK 14.1

7

### Presentasi

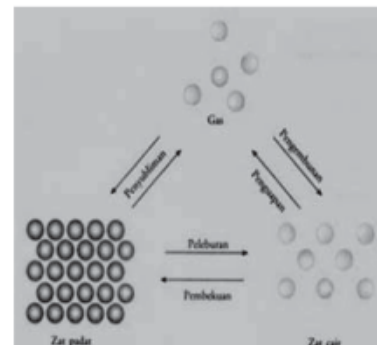
- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil kerja
- Kelompok lain menanggapi

8

### Perubahan Wujud

- Peristiwa perubahan dari wujud satu menjadi wujud yang lain

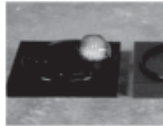
9



10

### Mencair

- Perubahan dari padat menjadi cair
- Kebalikan dari membeku



12

### Menguap

- Perubahan dari wujud cair menjadi gas
- Kebalikan dari mengembun



### Titik Lebur

- Suhu dimana sebuah benda melebur
- Suhu benda tidak berubah ketika terjadi perubahan wujud



13

### Kalor dan perubahan wujud

- Setiap perubahan wujud selalu disertai dengan pelepasan kalor atau penerimaan kalor



### Tanya Jawab

- Silakah mengajukan hal-hal yang belum jelas

15

### Kerja Mandiri

- Kerjakan Lembar penilaian 14.4

16

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

17

### Tindak lanjut

- Mengerjakan latihan soal di rumah

18

## Lembar Penilaian 14.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan apakah yang dimaksud dengan perubahan wujud!
2. Benarkah benda akan selalu naik suhunya jika mendapatkan kalor? Mengapa?
3. Jelaskan yang disebut dengan titik lebur dan titik didih!
4. Hitunglah jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 200 gram air dari  $30^{\circ}$  menjadi  $100^{\circ}\text{C}$ ! (kalor jenis air  $4200\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ !)
5. Sebanyak 2,5 liter air pada suhu ruang ( $25^{\circ}$ ) dipanaskan dalam ceret listrik sampai suhunya  $80^{\circ}\text{C}$ , tentukan jumlah kalor yang diserap air tersebut untuk menaikkan suhunya. Asumsikan bahwa kerapatan air  $\rho = 1000\text{ g/L}$ , dan kalor jenis air  $4,18\text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ ?
6. Balok es dengan berat 10 kg memiliki suhu yang sama dengan titik leburnya. Berapakah kalor yang diperlukan untuk mengubah seluruh balok menjadi air?
7. Satu kg air memiliki suhu 30 derajat celsius. Berapa kalor yang harus diserap dari air agar seluruhnya membeku menjadi es?

## Daftar Pustaka

Soepardjito.1992. *Kimia Dasar 1*. Malang: Penerbit IKIP Malang

Suryanti. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD untuk Progran Studi D2 PGSD*.  
Surabaya: Penerbit Unesa University Press.

Prasodjo, B. 2006. *Teori dan Aplikasi Fisika kelas VII*. Bogor: Penerbit  
Yudhistira.

Rahmawati, M. 2004. *Kimia Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.



## Paket 15

# GELOMBANG

## Pendahuluan



Pada Paket 15 ini mahasiswa-mahasiswi akan mempelajari konsep gelombang. Konsep gelombang merupakan dasar untuk mempelajari konsep bunyi pada Paket 16. Materi dalam perkuliahan meliputi pengertian gelombang, macam gelombang, sifat gelombang, dan gelombang elektromagnetik.

Perkuliahan dimulai dengan demonstrasi tentang rambatan usikan untuk memotivasi mahasiswa-mahasiswi. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan eksperimen tentang gelombang dan sifat-sifatnya dengan panduan LK 15.1. Setelah mahasiswa-mahasiswi melaksanakan presentasi dosen memberikan penguatan dengan memanfaatkan *slide PowerPoint* 15.3. Untuk membangun konsep gaya elektromagnetik, mahasiswa-mahasiswi melakukan curah pendapat dan mencermati penguatan oleh dosen. Pada akhir perkuliahan dosen meminta mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi.

Dalam perkuliahan ini dosen akan melaksanakan demonstrasi tentang gelombang. Oleh karenanya, dosen perlu menyiapkan peralatan demonstrasi tersebut. Dosen juga perlu berkoordinasi agar peralatan eksperimen juga tersedia sesuai dengan jumlah kelompok mahasiswa-mahasiswi.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menerapkan konsep gelombang

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan konsep gelombang,
2. menjelaskan macam-macam gelombang,
3. menjelaskan sifat-sifat gelombang,
4. menjelaskan cepat rambat, frekuensi dan periode gelombang, dan
5. menjelaskan gelombang elektromagnetik.

### Waktu

2 X 50 Menit

### Materi Pokok

1. Konsep Gelombang
2. Bentuk Gelombang
3. Sifat Gelombang
4. Cepat Rambat Gelombang, Frekuensi dan Periode Gelombang
5. Aplikasi Gelombang dalam Kehidupan

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 15.1.A., LK 15.1.B
2. Lembar Uraian 15.2
3. Lembar *PowerPoint* 15.3
4. Lembar Penilaian 15.4
5. Alat dan bahan: LCD dan Komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen mendemonstrasikan usikan pada air yang terdapat pada sebuah piring. Mengapa usikan tersebut dapat merambat? Apakah medium air ikut merambat?	Demonstrasi	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 15.3 Piring Air
5'	2. Mahasiswa-mahasiswi diberi kesempatan untuk mengungkapkan pendapatnya tentang demontrasi tersebut.	Curah Pendapat	
3'	3. Dosen menyampaikan pentingnya perkuliahan yang dilaksanakan, indikator dan langkah perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 15.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
15'	1. Mahasiswa-mahasiswi melakukan eksperimen tentang materi gelombang.	Eksperimen	LK 15.1 Uraian Materi 15.2
10'	2. Hasil eksperimen di pajangkan dan mahasiswa-mahasiswi mencermati dan mencatat hal yang penting.	Pameran	
10'	3. Mahasiswa-mahasiswi menyampaikan komentar dan pertanyaan tentang hasil pameran.	Curah Pendapat Diskusi Kelas	
10'	4. Dosen memberikan penguatan materi gelombang, macam gelombang dan sifat gelombang.	Ceramah	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 15.3
20'	5. Mahasiswa-mahasiswi diminta menyampaikan pemahamannya tentang gelombang elektromagnetik.	Curah Pendapat	
15'	6. Dosen memberikan penguatan tentang gelombang elektromagnetik.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 15.3

1	2	3	4
2'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan tentang gelombang.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 15.3
3'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas mengerjakan Lembar penilaian 15.4 dan dikumpulkan pada pertemuan yang akan datang.	Penugasan	

## Lembar Kegiatan 15.1



# GELOMBANG TALI

### Pengantar

Pada pertemuan sebelumnya kita mengetahui bahwa benda bergerak membawa energi kinetik. Energi kinetik berpindah dengan perpindahan benda. Gelombang merambatkan energi kinetik dengan cara yang khas yang berbeda dengan benda. Bagaimanakah sifat-sifat gelombang itu? Melalui kegiatan ini kita akan mempelajari gelombang dan sifat-sifatnya.

### Tujuan

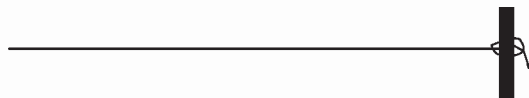
Menjelaskan konsep gelombang dan sifat-sifatnya

### Bahan/Alat

1. Tali secukupnya
2. Kertas dan pencil
3. Tonggak kayu

### Langkah Kegiatan

1. Ikatlah tali di suatu tempat seperti gambar di bawah!



2. Hentakkan tali ke atas satu kali!
3. Amatilah dan gambarlah bentuk yang terjadi!
4. Hentakkan tali ke bawah satu kali!
5. Amatilah dan gambarlah apa yang terjadi!
6. Ulangilah percobaan dengan menghentakkan ujung tali ke atas dan ke bawah berkali-kali. Amati dan catat hal yang terjadi.
7. Bacalah Uraian materi 15.2, tentukan mana yang tergolong pulsa dan gelombang dari kegiatan di atas tadi. Jelaskan!
8. Jelaskanlah perbedaan periode dan frekuensi!
9. Jelaskanlah yang dimaksud dengan panjang gelombang dan cepat rambat gelombang.
10. Berikan contoh sifat gelombang dari percobaan!
11. Tuliskan hasil diskusi anda secara kreatif di kertas plano.

## Uraian Materi 15.2



# GELOMBANG

### A. Pulsa dan Gelombang

Bagi kita yang hidup di pantai, fenomena gelombang laut menjadi pemandangan sehari-hari. Adanya gelombang akan menyebabkan air laut bergerak naik turun dan akhirnya terhempas di tepi pantai, menimbulkan suara yang khas dan pemandangan yang indah (Gambar 15.1). Namun, gelombang juga dapat menimbulkan kerusakan yang dahsyat. Tsunami yang pernah terjadi di daerah Aceh adalah salah satu contohnya. Gelombang-gelombang kecil bila berinterferensi juga dapat menimbulkan kerusakan. Pada tahun 1940 sebuah jembatan yang dikenal dengan Tacoma rusak karena adanya interferensi gelombang angin dengan kecepatan yang sedang saja sebagaimana Gambar 15.2 di bawah.



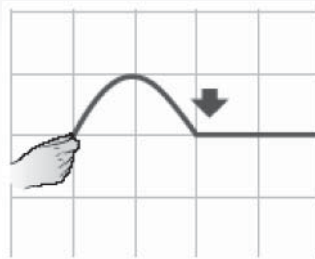
**Gambar 15.1. Gelombang Air Laut**



**Gambar 15.2. Gelombang Angin Merusakkan Jembatan Tacoma**

Apakah sesungguhnya energi itu? Gelombang merupakan gangguan yang merambatkan energi melalui suatu medium. Sebagai contoh, perhatikanlah kolam air yang tenang. Apa yang akan terjadi jika kita memberikan usikan? Tepuk-tepukkan tangan Anda pada pinggir kolam tersebut. Anda akan melihat bahwa gangguan ini akan bergerak ke seluruh bagian kolam. Energi merambat melalui medium air, namun air tidak ikut berpindah, Air kolam hanya bergerak naik turun atau bergetar. Energi yang berpindah melalui medium air ini disebut dengan gelombang.

Jika gangguan yang ada merupakan gangguan tunggal, maka disebut dengan pulsa gelombang. Misalnya kita memberikan sentakan pada tali yang salah satu ujungnya terikat. Pulsa ini akan merambat sepanjang tali sebagaimana 15.3 di bawah.



**Gambar 15.3. Pulsa pada Tali**

## B. Macam-Macam Gelombang

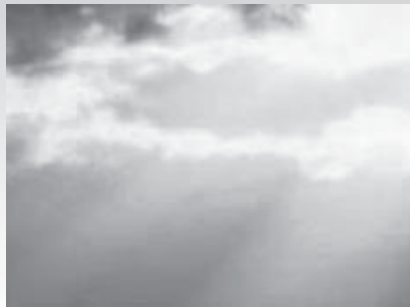
### Gelombang Mekanik dan Gelombang Elektromagnetik

Berdasarkan media yang dilalui oleh gelombang, gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik memerlukan media untuk bisa merambat. Gelombang air laut, gelombang bunyi dan gelombang pada slinki (Gambar 15.4) adalah beberapa contoh gelombang mekanik. Gelombang-gelombang tersebut tidak mampu merambat tanpa adanya media. Sebuah gelombang mekanik memiliki cepat rambat yang besarnya tertentu pada medium tertentu.



**Gambar 15.4. Gelombang pada Slinky**

Berbeda dengan gelombang mekanik, gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium. Cahaya matahari sampai di bumi adalah salah satu contoh penjalaran gelombang elektromagnetik (Gambar 15.5). Gelombang cahaya matahari dapat merambat melalui ruang hampa udara antara bumi dan matahari. Gelombang radio, gelombang infra merah, dan gelombang mikro adalah beberapa contoh gelombang elektromagnetik.



**Gambar 15.5. Gelombang Cahaya Tampak**

### **Gelombang Transversal dan Gelombang Longitudinal**

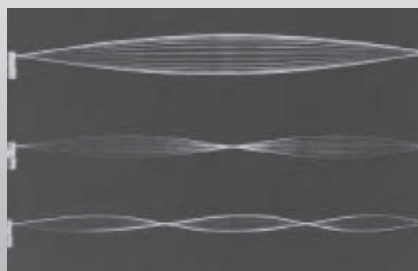
Berdasarkan arah getaran medium dan arah rambatannya, gelombang dapat dikategorikan menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal memiliki arah getaran tegak lurus terhadap arah rambat gelombang, sementara gelombang longitudinal memiliki arah getar yang searah dengan arah rambat gelombang. Gelombang bunyi (Gambar 15.6) merupakan salah satu contoh gelombang longitudinal. Ketika bunyi merambat, udara bergetar maju mundur searah dengan rambatan bunyi.



**Gambar 15.6. Gelombang Bunyi**

### **Gelombang Berjalan dan Gelombang Diam**

Gelombang juga dapat digolongkan menjadi gelombang berjalan dan gelombang diam. Gelombang berjalan adalah gelombang yang merambat ke arah tertentu, sementara gelombang diam pada dasarnya merupakan perpaduan antara gelombang-gelombang. Pada gelombang diam dapat diamati perut dan simpul gelombang.



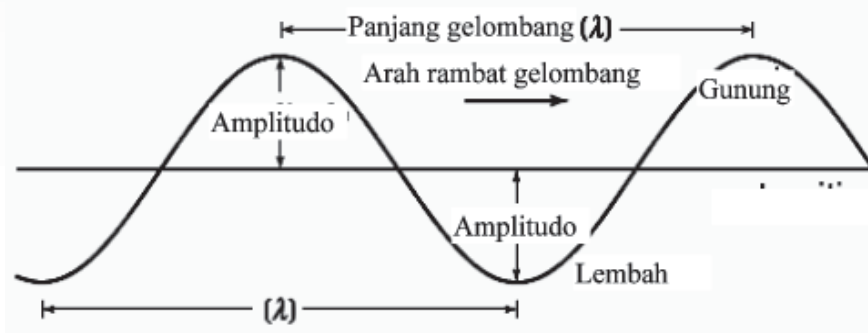
**Gambar 15.6. Gelombang Diam**



### C. Periode, Frekuensi, Panjang Gelombang dan Cepat Rambat Gelombang

Semua gelombang (Gambar 15.7) memiliki sifat-sifat tertentu. sebagai berikut.

- Panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh satu gelombang sempurna dalam satu periode.
- Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh satu gelombang sempurna untuk melewati satu titik.
- Frekuensi (f) adalah banyak gelombang sempurna yang melalui satu titik selama satu detik.
- Cepat rambat gelombang (V) adalah jarak yang ditempuh gelombang dibagi selang waktu untuk menempuh jarak.



Gambar 15.7. Sifat-sifat Gelombang

Hubungan besaran-besaran di atas adalah

$$f = 1/T$$

dan

$$v = \lambda \cdot f$$

Keterangan:

f = frekuensi (banyak gelombang/detik=Hz)

T = periode (detik)

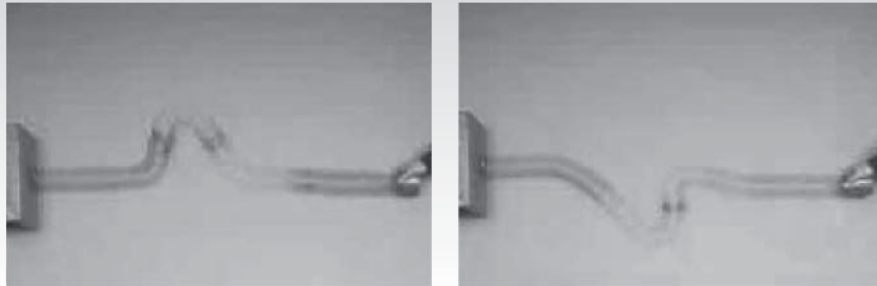
V = cepat rambat gelombang (m/detik)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

### D. Sifat-sifat Gelombang

Apa yang terjadi ketika gelombang yang sedang merambat membentur sebuah dinding? Gelombang yang membentur suatu penghalang sebagian besar akan dipantulkan dan sebagian lagi diserap. Selain dapat dipantulkan gelombang juga dapat dibiaskan dan dipadukan.

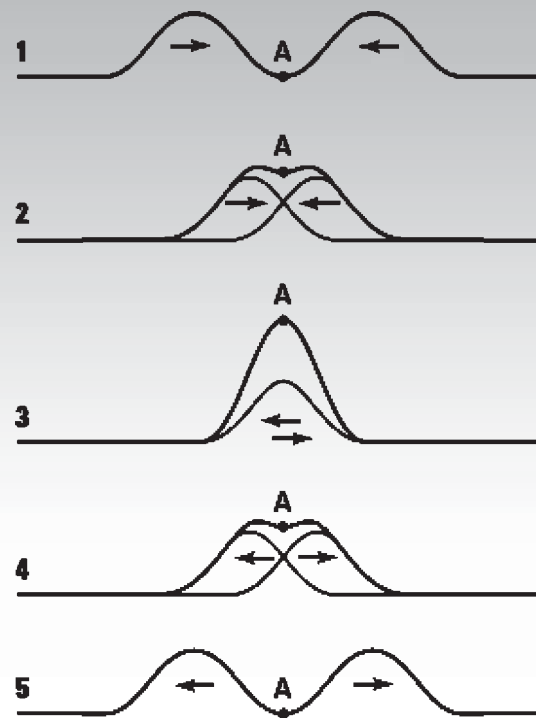
- Gelombang dapat di pantulkan  
Jika di atas permukaan air kolam yang tenang kita buat usikan (gangguan), akan terbentuk gelombang yang berupa lingkaran. Gelombang itu akan berjalan melingkar ke tepi, dan akhirnya memantul kembali ke tengah setelah mengenai tepi kolam. Gambar 15.8 menunjukkan pantulan gelombang transversal yang merambat pada slinki.



**Gambar 15.8. Pantulan Gelombang**

- Gelombang dapat melentur  
Sinar matahari dapat menerangi kamar yang gelap, walaupun sinar tersebut melewati lubang yang kecil atau celah.
- Gelombang dapat dibiaskan  
Gelombang air atau gelombang laut, saat melewati daerah yang memiliki perbedaan medium akan dibelokkan .

- Gelombang dapat dipadukan  
Jika satu gelombang bertemu dengan gelombang yang lain, maka akan terjadi perpaduan gelombang. Perpaduan gelombang dapat menghasilkan gelombang baru yang lebih besar amplitudonya disebut sebagai perpaduan membangun/interferensi konstruktif (Gambar 15.9). Perpaduan gelombang juga dapat saling menghilangkan/interferensi destruktif.



Gambar 15.9. Perpaduan Gelombang

## A. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang radio, televisi, radar inframerah, cahaya tampak, ultraungu, sinar x, dan sinar gamma, semuanya merupakan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik termasuk jenis gelombang transversal dan tidak memerlukan medium untuk merambat. Apabila seluruh contoh gelombang elektromagnetik tersebut di atas dihimpun mulai dari yang berfrekuensi rendah hingga tinggi akan terkumpul dalam spektrum tersebut berupa spektrum kontinyu sehingga antara satu dengan yang lain saling berurutan.

### Gelombang Radio

Gelombang radio terdiri ada beberapa jenis:

#### Gelombang Panjang Radio (*Long WAVE* atau *LW*)

Gelombang ini mempunyai panjang gelombang sekitar 1000 meter dan dimanfaatkan untuk komunikasi radio local jangka pendek.

#### Gelombang Medium Radio (*Medium WAVE* atau *MW*)

Gelombang ini mempunyai panjang gelombang sekitar 100 meter dan dimanfaatkan untuk komunikasi radio jangka menengah.

### Gelombang Pendek Radio (*Short WAVE* atau *SW*)

Gelombang ini mempunyai panjang 10 meter dan dimanfaatkan untuk komunikasi radio jangka jarak jauh.

### *VHF (Very High Frequency)*

Gelombang ini mempunyai panjang gelombang sekitar 10 sentimeter dan dimanfaatkan untuk transmisi siaran televisi.

### Gelombang Mikro (*Microwave*)

Gelombang ini mempunyai panjang gelombang sekitar 1 sentimeter dan dimanfaatkan untuk radar serta komunikasi satelit. Gelombang ini juga dapat digunakan untuk menghasilkan efek panas contohnya digunakan dalam *Microwave oven*. Apabila diperhatikan dengan teliti, tidak ada batas frekuensi atau panjang gelombang yang tegas dalam pembagaian di atas, bahkan ada dua jenis gelombang yang saling tumpang tindih frekuensinya. Ditinjau dari amplitudonya, dikenal 2 macam gelombang radio, yaitu AM (*Amplitudo Modulation*) dan FM (*Frequency Modulation*).

Pada gelombang radio AM, informasi suara dibawa dalam bentuk perubahan amplitude atau amplitude modulation. Kelebihan gelombang ini adalah dapat menjangkau pesawat penerima yang jauh dari pemancar karena gelombang AM dipantulkan oleh lapisan *ionosfer*. Kelemahannya, sering terdengar gangguan suara desau karena peristiwa kelistrikan di udara yang dapat mengganggu amplitude gelombang.

Pada gelombang FM, informasi suara yang dibawa dalam bentuk perubahan frekuensi atau *frequency modulation*. Suara yang dihasilkan oleh gelombang FM sangat bersih, tetapi jangkauannya pendek karena tidak mampu dipantulkan oleh lapisan ionosfer.

Pemancaran gelombang radar memerlukan sebuah antena yang berfungsi ganda, yaitu berfungsi sebagai antena pemancar dan penerima sekaligus. Pancaran gelombang radar ini dapat diibaratkan sebagai seberkas sinar blitz dari suatu kamera. Setelah sinar ini mengenai sasaran, misalnya pesawat terbang, maka sinar tersebut dipantulkan. Gelombang pantul sinar tersebut diterima oleh antena, selanjutnya diproses oleh komputer, kemudian pada layar monitor akan nampak bentuk pesawat, posisi serta jaraknya terhadap stasiun radar. Oleh karena itu, antena radar selalu berputar, maka daerah sekeliling stasiun radar dapat dipantau.

### *Inframerah*

Inframerah merambat dengan membawa energi panas. Inframerah dihasilkan oleh matahari, filamen lampu, atau filamen kompor listrik yang berpijar. Suatu benda panas tetapi tak berpijar (suhunya lebih kurang 500C) akan meradiasikan inframerah saja. Sedangkan benda yang berpijar berwarna merah yang suhunya kurang dari 500C akan meradiasikan inframerah dan cahaya putih atau semua warna. Inframerah dapat digunakan untuk memotret dalam cahaya gelap. Hal ini karena inframerah dapat menghitamkan film dan menembus kabut. Inframerah dapat digunakan untuk *remote control* pesawat televisi, dapat juga digunakan untuk menyembuhkan encok dan cacar, serta untuk mengeringkan cat pada kendaraan.

### Ultraviolet

Ultraviolet merambat dengan membawa energi kimia. Sinar ini dapat membentuk provitamin D di dalam kulit. Apabila terlalu banyak menerima ultraviolet dapat membahayakan mata. Sinar ini dapat menyebabkan terpendarnya gigi, kuku, dan pakaian yang baru dicuci dengan detergen. Ultraviolet mempunyai daya pembunuh kuman, dapat menyembuhkan penyakit kulit, dan dapat digunakan untuk mengenal unsur-unsur dalam materi.

### Sinar X

Sinar X atau Rontgen dapat dihasilkan dengan cara menembakkan elektron cepat kepada sekeping logam dalam tabung sinar X. Sinar X dapat menembus beberapa zat padat. Untuk sinar X yang daya tembusnya rendah tidak dapat menembus tulang. Oleh karena sinar X ini dapat menghitamkan film.

### Sinar Gamma

Sinar gamma dihasilkan oleh zat radioaktif akibat perputaran proton dalam inti atom. Sinar gamma mempunyai frekuensi dan daya tembus lebih besar dibandingkan dengan sinar X. Sinar ini dapat menembus pelat timbal atau beton beberapa sentimen dan menghancurkan sel tubuh.

## Rangkuman

1. Gelombang adalah usikan yang merambat melalui suatu medium.
2. Pulsa adalah sebuah usikan yang merambat.
3. Gelombang dapat dikategorikan berdasarkan arah getarnya menjadi gelombang transversal dan gelombang longitudinal.
4. Berdasarkan mediumnya gelombang dibagi menjadi gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik.
5. Gelombang juga dapat dibedakan menjadi gelombang berjalan dan gelombang diam.
6. Panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh satu gelombang sempurna dalam satu periode.
7. Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh satu gelombang sempurna untuk melewati satu titik.
8. Frekuensi ( $f$ ) adalah banyak gelombang sempurna yang melalui satu titik selama satu detik.
9. Cepat rambat gelombang ( $V$ ) adalah jarak yang ditempuh gelombang dibagi selang waktu untuk menempuh jarak.
10. Gelombang dapat dipantulkan, dibiaskan, dilenturkan, diinterferensikan, dan dipolarisasikan.

## Lembar PowerPoint 15.3

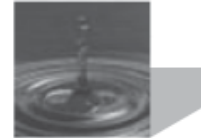


# GELOMBANG

### Pertanyaan

Mengapa usikan ini dapat merambat?

Apakah medium air ikut berpindah?



2

### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep gelombang

3

### INDIKATOR

- menjelaskan konsep gelombang,
- menjelaskan macam-macam gelombang,
- menjelaskan sifat-sifat gelombang,
- menjelaskan cepat rambat, frekuensi dan periode gelombang, dan
- menjelaskan gelombang elektromagnetik.

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Eksperimen
- Pameran
- Curah pendapat
- Penguatan
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi

5

### Eksperimentasi

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 5 kelompok.
- Kelompok-kelompok bekerja dengan panduan LK 15.1

6

### Pameran

- Hasil eksperimen dipajangkan
- Mahasiswa-mahasiswi mencermati pajangan dan menulis hal-hal yang penting untuk didiskusikan

7

### Curah Pendapat

- Sampaikan komentar atau pertanyaan terkait hasil pameran.

8

### Gelombang

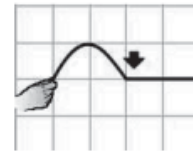
- Usikan yang merambat
- Perpindahan energi tanpa perpindahan medium



9

### Pulsa

- Sebuah usikan yang merambat



10

### Macam-Macam Gelombang

- Gelombang transversal dan longitudinal
- Gelombang mekanik dan elektromagnetik
- Gelombang diam dan gelombang berjalan

11

### Sifat Gelombang



12



- Panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh satu gelombang sempurna dalam satu periode.
- Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh satu gelombang sempurna untuk melewati satu titik.
- Frekuensi (f) adalah banyak gelombang sempurna yang melalui satu titik selama satu detik.
- Cepat rambat gelombang (V) adalah jarak yang ditempuh gelombang dibagi selang waktu untuk menempuh jarak.

13

## Gelombang

- Dapat dipantulkan
- Dapat dibiaskan
- Dapat dibelokkan
- Dapat dipadukan

14

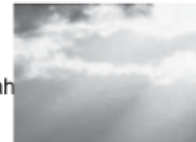
## CURAH PENDAPAT

- Apakah yang anda ketahui tentang gelombang elektromagnetik?

15

## Gelombang Elektromagnetik

- tidak memerlukan medium rambatan
- Cepat rambat di ruang hampa adalah 3 000 000 000 m/s



16

## Contoh

- Gelombang radio
- Gelombang inframerah
- Gelombang cahaya tampak
- Gelombang mikro
- Gelombang ultraviolet
- dll

17

## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

18

## Lembar Penilaian 15.4



### A. Tes Tertulis

1. Apakah yang dimaksud dengan gelombang?
2. Jelaskan bahwa gelombang memindahkan energi!
3. Bedakan gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik!
4. Bedakan gelombang transversal dan gelombang longitudinal!
5. Jelaskan hubungan antara frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombang!
6. Berikan contoh pemantulan dan pembiasan gelombang!
7. Jelaskan tentang gelombang elektromagnetik!
8. Jarak antara dua buah puncak gelombang adalah 2 m, sementara waktu yang diperlukan satu gelombang penuh melalui suatu titik adalah 2 detik. Berapakah waktu yang diperlukan gelombang untuk mencapai jarak 20 meter?
9. Jelaskan yang dimaksud dengan gelombang diam!
10. Gelombang air memiliki cepat rambat gelombang 2 m/s. Jika jarak antara puncak dan lembah gelombang terdekat adalah 0,5 m, tentukan frekuensi gelombang tersebut!

## Daftar Pustaka

- Kamajaya. 2003. *Físika: untuk SMU kelas II semester 1*. Bandung: Grafindo Media Pratama.
- Marten Kanginan. 1989. *Físika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Nyoman Kertiasa. 1996. *Físika 1: untuk Sekolah Umum Kelas 1*. Jakarta: Depdikbud.
- Resnick, Halliday. 1999. *Físika: Jilid 2 edisi ketiga*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Satira, Suparno. 1995. *Físika*. Bandung: Departemen IPTEK ICMI.
- Tim Bahan Perkuliahan. 2007. *Físika Dasar*. Bandung: UPI bandung.
- Tim Cerah. 2005. *Físika SMP VIII semester 1*. Solo: CV Teguh Karya.

## Paket 16

# BUNYI

### Pendahuluan



Pada Paket 16 ini, mahasiswa dan mahasiswi akan belajar tentang pengertian bunyi, sumber-sumber bunyi, sifat-sifat bunyi, dan pendeteksian bunyi. Materi bunyi terkait dengan materi gelombang yang telah dipelajari pada paket sebelumnya. Melalui paket ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi dapat menguasai prinsip-prinsip dan karakteristik bunyi serta dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Perkuliahan dimulai dengan metode demonstrasi dan curah pendapat. Dosen melakukan demonstrasi dan mahasiswa-mahasiswi menyampaikan pemahamannya tentang bunyi. Berikutnya juga dilakukan curah pendapat dan penguatan tentang sumber-sumber bunyi. Untuk membangun konsep tentang bunyi mahasiswa juga melakukan eksperimen dengan menggunakan LK 16.1. Dosen diharapkan memberikan penguatan dan memberikan kesempatan pada mahasiswa untuk bertanya. Untuk mengetahui pencapaian kompetensi, dapat dilakukan penilaian, baik pada saat proses maupun akhir pembelajaran. Obyek penilaian diantaranya hasil eksperimen. Lembar penilaian akan dikerjakan mahasiswa di rumah sebagai tugas terstruktur.

Untuk keperluan demonstrasi dan praktikum, sebaiknya berbagai bahan disiapkan sebelum proses perkuliahan. Mahasiswa-mahasiswi juga perlu diberikan tugas untuk mencermati bahan-bahan tertulis tentang bunyi satu pada pertemuan sebelumnya.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa dan mahasiswi dapat menganalisis karakteristik bunyi sebagai gelombang dan aplikasinya.

### Indikator Kompetensi

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan beberapa sumber bunyi,
2. menjelaskan sifat-sifat bunyi,
3. menyelesaikan soal-soal yang berhubungan dengan frekuensi, panjang gelombang, dan kecepatan bunyi,
4. membedakan kuat bunyi dan tinggi nada,
5. menunjukkan pengertian resonansi,
6. menyelesaikan soal-soal yang berhubungan dengan gelombang berdiri dalam kolom udara yang beresonansi,
7. mengidentifikasi beberapa aplikasi efek doppler, dan
8. menjelaskan fungsi bagian-bagian telinga dalam mendeteksi bunyi.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Bunyi
2. Sumber-sumber Bunyi
3. Sifat-sifat Bunyi
4. Pendeteksian Bunyi

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 16.1
2. Lembar Uraian Materi 16.2
3. Lembar *PowerPoint* 16.3
4. Lembar Penilaian 16.4
5. Alat: LCD dan komputer (disiapkan dosen sendiri)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
3'	1. Mahasiswa-mahasiswi diminta mencermati demonstrasi tentang bunyi, yaitu dosen menahan penggaris di atas meja kemudian ujung penggaris tersebut digetarkan dengan ujung jari. "Hal-hal apa sajakah yang Anda amati?"	Demonstrasi	Mistar
4'	2. Mahasiswa-mahasiswi menanggapi dan mengomentarnya. Diharapkan dapat diungkapkan pemahaman awal tentang bunyi.	Curah Pendapat	Demonstrasi tentang Bunyi <i>Slide</i>
3'	3. Dosen menyampaikan kompetensi dasar dan langkah-langkah perkuliahan.	Presentasi	<i>PowerPoint</i> 16.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
10'	1. Mahasiswa-mahasiswi diminta mengungkapkan pemahamannya tentang sumber bunyi (sebelumnya sudah ditugaskan di rumah untuk dipelajari).	Curah Pendapat	<i>Slide Power-Point</i> 16.3 Uraian Materi 16.2
10'	2. Dosen memberi penguatan dan latihan-latihan soal tentang gelombang bunyi, kuat bunyi, dan tinggi nada.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 16.3
20'	3. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 4 kelompok, setiap kelompok melakukan kegiatan eksperimen sesuai dengan LK 16.1.	Eksperimen	Lembar Kegiatan 16.1 Uraian Materi 16.2
10'	4. Perwakilan setiap kelompok mempresentasikan hasil pengamatan dan kelompok lainnya menanggapi.	Presentasi dan Diskusi	
20'	5. Penguatan dosen tentang resonansi dan tanya jawab.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slite PowerPoint</i> 16.3

1	2	3	4
5'	6. Dosen mengajukan pertanyaan tentang efek doppler kepada mahasiswa.	Curah Pendapat	
10'	7. Penguatan dosen tentang efek doppler dan pendeteksian bunyi dilanjutkan tanya jawab.	Presentasi dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 16.3
4'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa dan mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan yang telah diberikan.	Curah Pendapat	
3'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas mengerjakan lembar penilaian 16.4 di rumah dan mempelajari bahan perkuliahan untuk pertemuan selanjutnya.	Penugasan	Lembar Penilaian 16.4

## Lembar Kegiatan 16.1



# PERCOBAAN TABUNG RESONANSI

### Pengantar

Sebuah garpu tala yang dipukul di atas tabung berongga dapat menghasilkan resonansi. Bunyi garpu tala terdengar keras pada saat kolom udara itu beresonansi. Kolom udara menyebabkan bunyi garpu tala menjadi lebih keras.

Pada percobaan berikut akan menentukan cepat rambat bunyi dengan memanfaatkan tabung resonansi.

### Tujuan

Mengukur kelajuan (cepat rambat) bunyi melalui percobaan tabung resonansi

### Bahan dan Alat

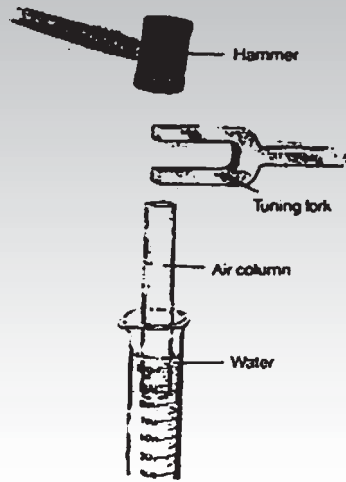
1. Garpu tala
2. Tabung resonansi
3. Gelas ukur 1000 ml
4. Air panas
5. Air es
6. Termometer
7. Palu karet

### Langkah kegiatan

1. Letakkan tabung atau gelas ukur berisi air panas pada satu sisi kelas dan siapkan gelas ukur yang lain diisi air es di sisi kelas yang lain!
2. Catatlah nilai frekuensi yang tertera pada garpu tala.!
3. Berhati-hatilah pada saat mendekatkan garpu tala pada tabung berongga itu. Pukul garpu tala itu dengan palu!
4. Pegangi garpu tala di atas tabung kaca itu Anda pelan-pelan aturlah tabung sampai bunyi itu diperkuat oleh tabung (sampai terdengar bunyi keras)!
5. Ukur  $l$ , yakni jarak dari permukaan air ke bibir atas tabung, sampai 0,01 m terdekat!
6. Ulangi langkah 3-5 dengan garpu tala yang sama tetapi dipukul sedemikian rupa hingga bunyi garpu tala terdengar lemah/pelan!
7. Masukkan termometer di tengah-tengah tabung kaca dan catatlah suhu udaranya yang ada dalam tabung berongga tersebut!



8. Tukarlah tempat dengan kelompok lain dan ulangi langkah 3-7 menggunakan garpu tala yang sama.!



Pengamatan dan Data

1. Buat sebuah tabel data, berisi informasi di bawah ini!

Air Es

$f =$  \_\_\_\_\_ Hz; suhu = \_\_\_\_\_ °C

Bunyi keras :  $l =$  \_\_\_\_\_ m;  $\lambda =$  \_\_\_\_\_ m;

$v =$  \_\_\_\_\_ m/s

Bunyi lemah :  $l =$  \_\_\_\_\_ m;  $\lambda =$  \_\_\_\_\_ m

$v =$  \_\_\_\_\_ m/s

Air Panas

Bunyi keras :  $l =$  \_\_\_\_\_ m;  $\lambda =$  \_\_\_\_\_ m;

$v =$  \_\_\_\_\_ m/s

Bunyi lemah :  $l =$  \_\_\_\_\_ m;  $\lambda =$  \_\_\_\_\_ m

$v =$  \_\_\_\_\_ m/s

2. Apakah nilai-nilai " $f$ " berbeda untuk bunyi keras dan bunyi lemah?
3. Apakah nilai-nilai " $f$ " berbeda untuk air dingin dan air panas?
4. Hitunglah  $\lambda$  dan  $v$ !
5. Tulislah suatu pernyataan umum yang memerikan bagaimana kecepatan bunyi bergantung pada kuat bunyi!
6. Apakah kecepatan bunyi bergantung pada suhu udara?

## Uraian Materi 16.2



# B U N Y I

### A. Pengertian Bunyi

Bunyi atau suara adalah kompresi mekanikal atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, dan gas. Jadi gelombang bunyi dapat merambat di dalam air, batu bara, atau udara. Gelombang longitudinal terdiri dari daerah bertekanan tinggi (rapatan) dan daerah bertekanan rendah (regangan) secara bergantian. Gelombang longitudinal juga mempunyai ciri-ciri gelombang antara lain cepat rambat, frekuensi, panjang gelombang, dan amplitudo. Beberapa sifat-sifat gelombang adalah dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), dan interferensi.

### B. Sumber Bunyi

Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar. Getaran-getaran benda itu menciptakan gerak-gerak molekul dan osilasi-osilasi di udara. Sumber bunyi tak lain adalah sumber getaran yang menggetarkan medium sekelilingnya. Loudspeaker pada Gambar 16.1 memiliki diafragma atau membran yang digetarkan oleh arus listrik. Membran itu dapat menggetarkan lapisan udara dan menciptakan gelombang bunyi. Alat-alat musik seperti gong atau simbal dan permukaan gendang adalah contoh-contoh lain dari sumber bunyi. Kesamaan dari berbagai sumber bunyi adalah selalu bergetar. Di bawah ini akan dijelaskan beberapa sumber bunyi.



Gambar 16.1 Loudspeaker sebagai Sumber Bunyi

### Senar atau Dawai

Yang dimaksud senar atau dawai adalah kawat yang ditegangkan dengan kedua ujungnya yang dipegang tetap. Jika senar itu dipetik maka terjadilah gelombang tegak dengan kedua ujungnya sebagai simpul-simpul. Senar pada

gitar merupakan salah satu contoh sumber bunyi. Gambar 16.2 menunjukkan alat musik petik dengan senar. Pada gitar listrik, digunakan peralatan elektronik untuk menangkap dan memperbesar getaran yang dihasilkan senar sehingga menghasilkan nada yang lebih keras. Biola juga merupakan sumber bunyi yang berupa dawai.



**Gambar 16.2 Alat Musik Gitar**

Pada alat musik gitar seperti yang ditunjukkan pada gambar 16.2, bergetarnya kawat senar akan menimbulkan gelombang usikan udara yang dapat didengar sebagai bunyi. Ruang udara yang berada pada badan gitar akan menghasilkan resonansi sehingga suara gitar terdengar lebih keras.

### **Garpu Tala**

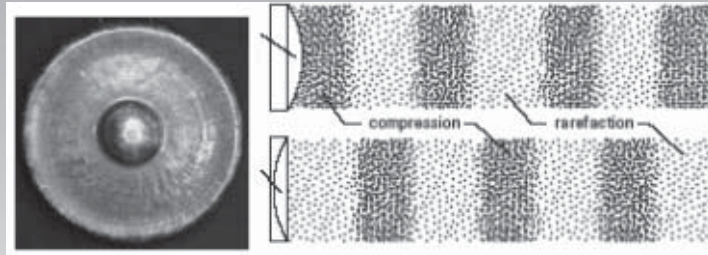
Garpu tala (Gambar 16.3) adalah alat penala atau penentu nada bunyi yang digunakan untuk menera tinggi rendah nada bunyi. Pada dasarnya, garpu tala adalah batang dengan bentuk tertentu (U) sehingga sewaktu dipukul pada bagian ujungnya akan bergetar dan menimbulkan bunyi.



**Gambar 16.3 Garpu Tala**

### **Sumber Bunyi Permukaan**

Sumber bunyi yang berupa selaput misalnya loud speaker, genderang, gong dan berbagai perangkat gamelan. Ketika gong (Gambar 16.4 ) dipukul, permukaan gong akan bergerak maju-mundur dan menggetarkan udara sehingga orang disekitarnya akan mendengar bunyinya.



**Gambar 16.4 Gong dan Rambatan Bunyi**

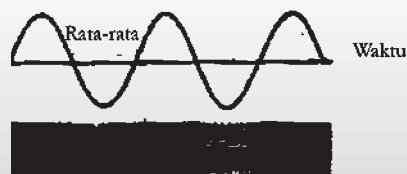
Suara manusia juga dihasilkan oleh selaput permukaan. Getaran pita suara, yaitu dua membran yang terletak di dalam kerongkongan dapat menghasilkan kesan bunyi. Udara dari paru-paru mengalir melalui kerongkongan menggetarkan pita suara. Frekuensi getaran dikendalikan oleh tegangan otot-otot yang terdapat pada pita itu.

### C. Sifat-sifat Bunyi

Pembahasan sifat-sifat bunyi meliputi gelombang bunyi, kuat bunyi, dan tangga nada, resonansi, serta efek doppler.

#### Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi terdiri dari molekul-molekul udara yang bergetar maju mundur. Tiap saat molekul-molekul itu berdesakan di beberapa tempat sehingga menghasilkan wilayah tekanan tinggi, tetapi di tempat lain merenggang akhirnya menghasilkan wilayah tekanan rendah. Gelombang bertekanan tinggi dan rendah secara bergantian bergerak di udara, menyebar dari sumber bunyi. Gelombang bunyi ini menghantarkan bunyi ke telinga manusia. Gelombang bunyi adalah gelombang longitudinal. Gambar 16.5 menunjukkan Frekuensi gelombang adalah banyaknya getaran dalam tekanan udara tiap detik. Bunyi adalah sebuah gelombang longitudinal karena gerakan molekul-molekul udara sejajar dengan arah gerakan atau rambatan gelombang itu.



**Gambar 16.5: Gelombang Bunyi dan Tekanan Udara**  
**Grafik perubahan tekanan udara menurut waktu pada suatu gelombang bunyi. Daerah gelap menyatakan daerah bertekanan tinggi, dan daerah terang menyatakan daerah bertekanan rendah**

#### Kecepatan Bunyi

Kecepatan gelombang bunyi di udara bergantung pada suhu udara. Gelombang bunyi bergerak melalui udara di atas permukaan laut dengan kecepatan 343 m/s

pada suhu kamar (20°C). Bunyi juga dapat merambat melalui zat cair dan zat padat. Pada umumnya, kecepatan bunyi melalui zat padat dan zat cair lebih besar daripada kecepatan bunyi melalui gas. Bunyi merambat di udara dengan kecepatan 1.224 km/jam. Bunyi merambat lebih lambat jika suhu dan tekanan udara lebih rendah. Di udara tipis dan dingin pada ketinggian lebih dari 11 km, kecepatan bunyi 1.000 km/jam. Di air, kecepatannya 5.400 km/jam, jauh lebih cepat daripada di udara. Akan tetapi bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa udara karena tidak ada partikel-partikel yang bergerak dan bertumbukan sebagaimana pada gambar 16.6.



**Gambar 16.6 Bunyi Tidak Mampu Merambat dalam Ruang Hampa**

Gelombang-gelombang bunyi memiliki kesamaan sifat-sifat umum dengan gelombang-gelombang yang lain. Bunyi dapat dipantulkan oleh benda-benda keras, seperti dinding-dinding dari sebuah kamar. Pantulan gelombang-gelombang bunyi disebut gema. Waktu yang dibutuhkan oleh suatu gema untuk kembali ke sumber bunyi itu dapat digunakan untuk menentukan jarak antara sumber itu dengan pemantulnya. Prinsip ini digunakan oleh kelelawar, sejumlah kamera, dan oleh kapal-kapal yang menggunakan sonar. Gelombang-gelombang bunyi juga dapat difraksikan atau dilenturkan, menyebar ke segala arah setelah melewati lubang-lubang sempit. Dua buah gelombang bunyi dapat berinterferensi, menyebabkan “titik lemah” pada titik-titik simpul dimana hanya terdengar bunyi lemah.

Panjang gelombang suatu gelombang bunyi adalah jarak antara daerah-daerah tekanan maksimum yang berdekatan. Hubungan antara frekuensi dan panjang gelombang dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$v = f \times \lambda$$

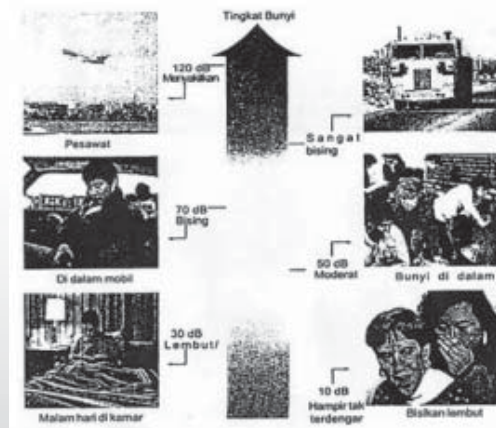
**Contoh :** Sebuah gelombang bunyi memiliki frekuensi 261,6Hz. Berapa panjang gelombang bunyi yang merambat di udara dalam 343 m/s?

$$\begin{array}{ll}
 \text{Diketahui : } f &= 261,6 \text{ Hz} & \text{Ditanya} & : \lambda \\
 & v &= 343 \text{ m/s} & \text{Persamaan : } v = f \lambda \\
 \text{Penyelesaian} & : v = f \lambda, \text{ jadi } \lambda & & = v/f \\
 & & & = (343 \text{ m/s}) / (261,6 \text{ Hz}) = 1,31 \text{ m}
 \end{array}$$

### Nada dan Kuat Bunyi

Karakteristik gelombang bunyi diukur dengan frekuensi, panjang gelombang, dan amplitudo. Pada manusia, bunyi didengar oleh telinga dan ditafsirkan oleh otak. Karakteristik bunyi dinyatakan dengan istilah-istilah yang menunjukkan cara kita menanggapi gelombang bunyi. Nada adalah tinggi rendahnya bunyi. Nada rendah menunjukkan bahwa gelombang bunyi tersebut berfrekuensi rendah, sebaliknya bunyi berfrekuensi tinggi ditanggapi telinga sebagai nada tinggi. Kuat bunyi menyatakan keras lemahnya bunyi. Kuat bunyi bergantung pada amplitudo dari variasi tekanan gelombang.

Pada interval-interval musik yang lain, frekuensi-frekuensi itu mempunyai perbandingan bilangan bulat kecil. Misalnya, not-not dalam satu interval yang disebut mayor ketiga (*“major third”*) mempunyai perbandingan frekuensi 5:4. Sebuah mayor ketiga yang khas adalah not C dan E. Not C mempunyai frekuensi 262 Hz, sehingga E mempunyai frekuensi  $(5/4) \times (262 \text{ Hz}) = 327 \text{ Hz}$ . Dengan cara sama, not-not di dalam mayor keempat (*“major fourth”*) (C dan F) mempunyai perbandingan frekuensi 4:3 dan not-not di dalam mayor kelima (*“major fifth”*) (C dan G) mempunyai perbandingan 3:2.



Gambar 16.7 Skala Decibel dan Tingkat Bunyi

Telinga manusia sangat peka terhadap perbedaan-perbedaan tekanan udara di dalam bunyi. Telinga bisa mendeteksi amplitudo-amplitudo gelombang yang kurang dari sepersemilyar tekanan atmosfer (atau  $2 \times 10^{15} \text{ N/m}^2$ ). Pada ujung yang lain dari rentang pendengaran, variasi-variasi tekanan yang menyebabkan rasa sakit adalah satu juta kali lebih besar, ( $20 \text{ N/m}^2$ ).

Oleh karena rentang yang lebar pada variasi tekanan ini, tekanan bunyi diukur oleh suatu kuantitas yang disebut tingkat bunyi atau taraf intensitas bunyi. Tingkat bunyi diukur dalam satuan desibel (dB). Tingkat bunyi itu tergantung pada perbandingan tekanan suatu gelombang bunyi tertentu dengan tekanan pada bunyi paling lemah yang masih dapat didengar oleh telinga normal, yaitu  $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ . Amplitudo seperti itu mempunyai tingkat bunyi sama dengan nol desibel (dB). Bunyi dengan amplitudo tekanan 10 kali lebih besar ( $2 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$ ) adalah 20 dB. Amplitudo tekanan yang 10 kali lebih besar daripada amplitudo ini adalah 40 dB. Gambar 16.7 menunjukkan tingkat bunyi dalam desibel untuk berbagai macam bunyi.

Kuat bunyi, seperti yang dipersepsi oleh telinga manusia, tidak berbanding lurus dengan variasi tekanan pada suatu gelombang bunyi. Lebih jauh, kepekaan telinga bergantung pada frekuensi bunyi maupun tingkat bunyi. Persepsi juga berbeda untuk ton murni dibandingkan dengan ton campuran. Pada kebanyakan orang ditemukan bahwa kenaikan 10 dB dalam tingkat bunyi didengar sekitar dua kali kerasnya.

### Resonansi

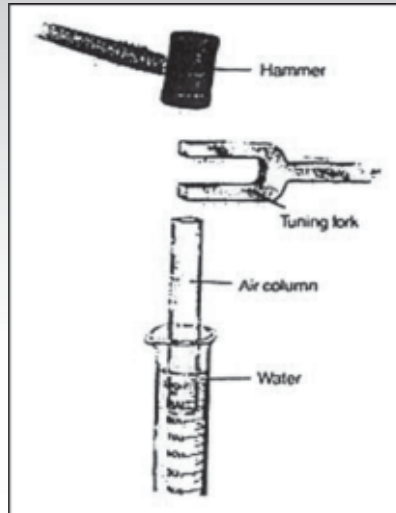
Jika Anda pernah meniup lubang tiup dari sebuah alat musik tiup atau buluh Gambar 16.8, Anda mengetahui bahwa getaran bibir Anda atau buluh itu saja tidak menghasilkan bunyi dengan nada tertentu. Pipa panjang yang merupakan bagian alat itu harus dipasangkan jika dikehendaki terdengar musik. Ketika alat itu dimainkan, udara di dalam tabung ini bergetar pada frekuensi yang sama. Nada dari suatu alat musik diubah dengan menggunakan panjang kolom resonansi udara yang terdengar. Panjang kolom udara itu menentukan frekuensi resonansi dari udara yang bergetar. Kolom udara yang beresonansi itu berperan pada bibir yang bergetar atau buluh dalam menguatkan suatu not tunggal.



16.8 Alat Musik Seruling/Buluh

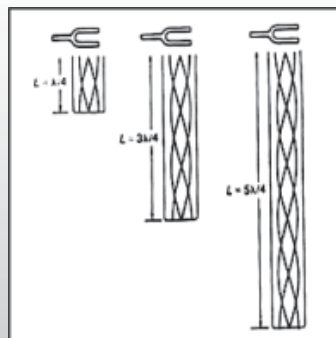
Sebuah garpu tala pada Gambar 16.9 di atas tabung berongga dapat memberikan resonansi di dalam suatu kolom udara. Tabung itu diletakkan di dalam air sehingga ujung bawah tabung ada di bawah permukaan air. Sebuah tabung resonansi dengan satu ujung tertutup disebut resonator pipa-tertutup.

Panjang kolom udara itu diatur dengan mengubah tinggi tabung di atas air. Garpu tala itu dipukul dengan palu karet. Saat panjang kolom udara diubah-ubah, bunyi bergantian terdengar kuat dan lemah. Bunyi itu terdengar keras pada saat kolom udara itu beresonansi dengan garpu tala. Kolom udara itu memperkeras bunyi garpu tala tersebut.



**Gambar 16.9 Resonansi pada Sebuah Kolom (pipa) Udara**

Garpu tala yang bergetar menghasilkan perubahan tekanan tinggi dan rendah secara bergantian. Gelombang bunyi ini bergerak menuruni kolom udara itu. Pada saat gelombang itu mengenai permukaan air, gelombang itu dipantulkan kembali ke garpu tala, Gambar 16.10 bila gelombang tekanan tinggi yang dipantulkan itu mencapai garpu tala pada saat garpu tala menghasilkan tekanan tinggi, maka gelombang-gelombang yang meninggalkan garpu tala dan yang dipantulkan permukaan itu memperkuat satu sama lain, dan dihasilkan gelombang berdiri.



**Gambar 16.10 Permukaan dari Gelombang Tekanan dalam Pipa**

Sebuah gelombang berdiri mempunyai simpul-simpul (nodes) dan perut-perut (antinodes). Pada simpul, nilai tekanannya sama dengan rata-rata tekanan atmosfer. Pada perut tekanannya berada pada nilai maksimum atau



minimumnya. Dua perut (atau dua simpul) dipisahkan oleh setengah panjang gelombang. Suatu gelombang tekanan dipantulkan dari suatu permukaan keras tanpa pembalikan, seperti seutas tali dipantulkan dari ujung bebas. Jadi, terdapat sebuah perut dari gelombang tekanan pada permukaan air. Suatu gelombang tekanan dipantulkan terbalik dari ujung terbuka. Yakni, bila suatu rapatan mencapai ujung terbuka itu, suatu renggangan akan dipantulkan. Hal ini mirip dengan pantulan gelombang tali dari suatu ujung tetap. Ukuran yang kecil dari dawai gitar yang bergetar terpendek yang bisa memiliki suatu perut di dasarnya dan suatu simpul dipuncaknya panjangnya seperempat panjang gelombang. Bila kolom udara itu diperpanjang, ditemukan resonansi-resonansi tambahan. Jadi, kolom-kolom  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{4}$ ,  $\frac{7}{4}$ , dan seterusnya, semua akan beresonansi dengan garpu tala itu.

Dalam praktik, panjang resonansi pertama sedikit lebih panjang daripada seperempat panjang gelombang. Ini terjadi karena perbedaan-perbedaan tekanan tidak jatuh ke nol persis pada ujung pipa. Sebenarnya, simpul itu kira-kira berada 1,2 diameter pipa melampaui ujung pipa itu. Namun, setiap panjang resonansi berikutnya, dipisahkan tepat setengah panjang gelombang. Pengukuran jarak antara resonansi pertama dengan resonansi berikutnya dapat dipergunakan untuk menentukan kelajuan bunyi di udara.

Ukuran yang terkecil dari dawai gitar yang bergetar atau alat lain yang berdawai tidak dapat menimbulkan banyak getaran di udara. Alat-alat itu menggunakan resonansi untuk meningkatkan amplitudo gelombang bunyi. Variasi dawai itu menyebabkan kotak bunyi bergetar. Besarnya ukuran kotak menghasilkan bunyi dengan intensitas yang lebih besar di udara sekitar sebagaimana pada biola seperti pada Gambar 16.11



**Gambar 16.11 Biola memiliki rongga udara untuk resonansi**

Sebuah resonator pipa-terbuka, yakni tabung resonansi dengan kedua ujungnya terbuka, Gambar 16.12, akan beresonansi dengan suatu sumber bunyi terdapat satu perut di antara simpul-simpul itu. Pada ujung-ujung terbuka dari tabung itu juga ada transmisi bunyi. Kita mendengar rambatan bunyi itu.



### Latihan

1. Sebuah garpu tala 440 Hz dipegang di atas pila tertutup. Tentukan jarak antara resonansi-resonansi bila suhu udara 20°C!
2. Saluran pendengaran, yang terhubung dengan gendang telinga, merupakan sebuah pipa tertutup yang panjangnya 3,0 cm. Tentukan nilai terdekat (abaikan koreksi posisi simpul) dari frekuensi resonansi yang rendah!
3. Sebuah terompet bisa dibayangkan sebagai sebuah pipa terbuka. Seandainya terompet itu diluruskan, panjang akan 2,65 m.
  - a. Bila kecepatan bunyi adalah 343 m/s, tentukan frekuensi terendah yang beresonansi dalam sebuah terompet (mengabaikan koreksi posisi simpul)
  - b. Tentukan frekuensi resonansi dua kali lebih tinggi pada terompet itu.
4. Sebuah saksofon soprano merupakan pipa terbuka. Bila semua kunci ditutup, panjangnya kira-kira 65 cm. Memakai 343 m/s sebagai kelajuan bunyi, tentukan frekuensi terendah yang bisa dimainkan pada alat ini (abaikan koreksi posisi simpul)!

### Efek Doppler

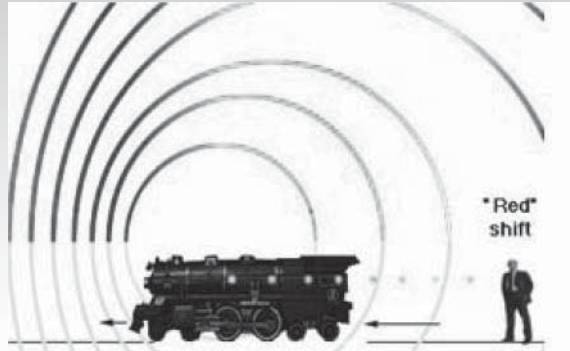
Pernahkan Anda memperhatikan nada sebuah sirine ambulan, mobil pemadam kebakaran, atau mobil polisi saat kendaraan itu melintasi Anda? Frekuensi sirine kendaraan tersebut lebih tinggi ketika kendaraan itu bergerak mendekati Anda, kemudian tiba-tiba turun ke nada lebih rendah ketika ambulan itu menjauhi Anda. Peristiwa ini disebut efek Doppler dan diperlihatkan pada Gambar 16.13. Sumber bunyi itu sedang bergerak ke kanan dengan kecepatan  $v_s$ .



**Gambar 16.13** Contoh Efek Doppler, Sumber Mendekati Pendengar

Gelombang-gelombang yang dipancarkan menyebar dalam bentuk lingkaran-lingkaran yang berpusat pada tempat sumber itu pada saat sumber itu menghasilkan gelombang. Frekuensi sumber bunyi itu tidak berubah, namun ketika sumber itu bergerak ke arah pendengar, yaitu  $O_1$ . Pada Gambar 16.13, lebih banyak gelombang berdesakan masuk ke dalam ruang antara sumber bunyi dan pendengar. Panjang gelombang diperpendek menjadi  $\lambda_1$ . Oleh karena kecepatan tidak berubah, frekuensi bunyi terdengar lebih tinggi.

Ketika sumber itu bergerak menjauhi pendengar,  $O_2$ , pada Gambar 16.14, panjang gelombangnya diperpanjang menjadi  $\lambda_2$  dan frekuensi yang terdengar lebih rendah. Efek doppler juga terjadi jika pendengar bergerak dan sumber bunyi diam. Jadi, efek doppler adalah peristiwa terjadinya perubahan frekuensi yang terdengar ( $f_p$ ) karena adanya gerak relatif sumber dan pendengar.



**Gambar 16.14 Contoh Efek Doppler, Sumber Menjauhi Pendengar**

Efek doppler terjadi pada semua gerak gelombang, baik gelombang mekanik maupun gelombang elektromagnetik. Efek doppler mempunyai banyak penerapan. Detektor-detektor radar menggunakan efek doppler untuk mengukur kecepatan bola tenis dan mobil. Para astronom menggunakan efek doppler cahaya yang berasal dari galaksi-galaksi yang jauh untuk mengukur kecepatan dan memperkirakan jaraknya. Para dokter dapat mendeteksi kecepatan gerak dinding jantung pada janin dengan efek doppler dan bunyi ultra. Seekor kelelawar memakai efek doppler untuk mendeteksi dan menangkap serangga-serangga yang terbang. Ketika seekor serangga terbang lebih cepat daripada kelelawar, frekuensi pantulannya lebih rendah, namun ketika kelelawar itu terbang lebih cepat, frekuensinya lebih tinggi.

### Latihan

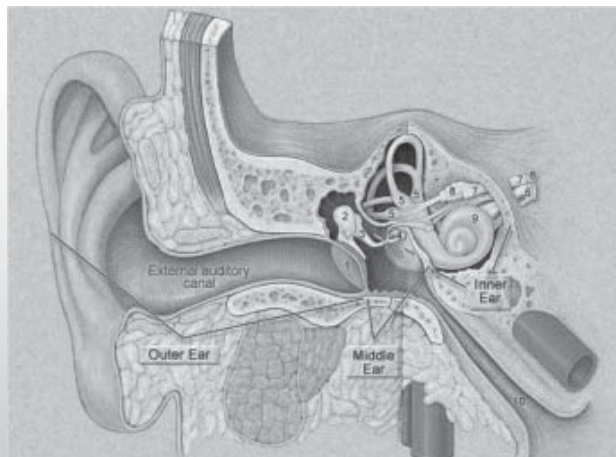
1. Telinga manusia dapat mendeteksi bunyi-bunyi dengan frekuensi sekitar antara 20 kHz. Tentukan panjang gelombang terpanjang dan panjang gelombang terpendek yang bisa didengar telinga, dengan asumsi bunyi merambat melalui udara dengan kecepatan 343 m/s pada suhu 20°C!
2. Berapa frekuensi bunyi di udara pada suhu 20°C yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan yang dihasilkan oleh diameter speaker "woofer" 15-in (38 cm)? Diameter speaker "tweeter" 3,0-in (7,6 cm)?
3. Gendang telinga bergerak maju mundur dalam merespon perubahan-perubahan tekanan dari gelombang bunyi. Gambarkan perpindahan gendang telinga lawan waktu untuk satu nada 1 kHz dan untuk suatu nada 2 kHz!

4. Sebutkan sifat-sifat fisik suatu gelombang yang akan diubah untuk menaikkan kuat bunyi? Dan sifat-sifat fisik apa yang akan diubah untuk mengubah nada?

### D. Pendeteksian Bunyi

Detektor bunyi mengubah energi bunyi, yakni energi kinetik molekul-molekul udara menjadi bentuk energi lain. Dalam sebuah detektor bunyi, suatu diafragma bergetar pada frekuensi gelombang bunyi. Getaran diafragma itu lalu diubah ke dalam bentuk energi lain. Mikropon adalah alat elektronik yang mengubah energi bunyi menjadi energi listrik. Hal ini akan dibahas pada bab lainnya.

Telinga (gambar 16.9) dibagi menjadi tiga bagian: telinga bagian luar, telinga bagian tengah, dan telinga bagian dalam. Telinga luar terdiri dari bagian telinga yang tampak dan disebut daun telinga, yang mengumpulkan gelombang bunyi; lubang telinga; dan gendang telinga. Gelombang bunyi menyebabkan getaran di dalam gendang telinga. Telinga bagian tengah terdiri dari tiga tulang kecil yang berbeda di dalam suatu ruang berisi udara di dalam tengkorak. Tulang-tulang itu meneruskan getaran-getaran pada gendang telinga di rumah siput pada telinga bagian dalam. Telinga bagian dalam berisi cairan seperti air. Getaran-getaran bunyi dihantarkan melalui cairan itu ke dalam bagian-bagian peka di rumah siput yang berbentuk spiral. Di dalam rumah siput, sel-sel rambut yang lembut digetarkan oleh gelombang-gelombang itu. Getaran-getaran sel ini merangsang sel-sel syaraf menuju ke otak, yang menghasilkan perasaan bunyi.



**Gambar 16.9 Telinga manusia merupakan suatu organ kompleks yang menerjemahkan getaran-getaran bunyi menjadi impuls saraf yang kemudian dikirim ke otak untuk diinterpretasikan**

Telinga tidak sama pekannya terhadap semua frekuensi. Kebanyakan orang tidak bisa mendengarkan bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz atau di atas 16.000 Hz. Umumnya, orang paling peka terhadap bunyi antara frekuensi 1000 Hz dan 5000 Hz. Orang tua kurang peka terhadap frekuensi di atas 10000 Hz daripada orang muda. Menjelang umur 70, kebanyakan orang tidak bisa mendengar apapun di atas frekuensi 8000 Hz. Kehilangan pendengaran ini mempengaruhi kemampuan untuk mengerti pembicaraan.

Terkena bunyi-bunyi keras, baik noise (bising) atau musik, telah dibuktikan menyebabkan telinga kehilangan kepekaan, khususnya terhadap frekuensi-frekuensi tinggi. Seseorang makin terkena bunyi-bunyi keras, makin besar pengaruhnya. Seseorang bisa pulih dalam beberapa jam bila terkena bunyi jangka-pendek, tetapi pengaruh terkena bunyi keras dalam jangka-panjang bisa berlangsung selama sehari-hari atau berminggu-minggu.

Lama terkena bunyi yang memiliki kekuatan 100 dB atau lebih, dapat menyebabkan kerusakan permanen. Banyak pemusik rok telah menderita kehilangan pendengaran yang serius, beberapa dari mereka sampai mengalami tingkat bunyi sebesar 10 dB. Penutup telinga khusus dapat memberikan pengurangan 25 dB. Penutup telinga yang didesain khusus dapat mengurangi tingkat bunyi sampai 45 dB. Sumber lain yang menyebabkan hilangnya pendengaran adalah akibat musik keras dari headphone stereo pada radio dan tape pribadi. Pemakainya mungkin tak sadar bahwa headphone atau earphone adalah “seperti moncong sebuah selang pemadam kebakaran yang ditancapkan tepat pada saluran telinga.”

## Latihan

1. Garpu tala 330 Hz dan 333 Hz diketok bersamaan. Berapakah frekuensi layangan yang terjadi?
2. Seorang siswa mempunyai dua buah garpu tala, yang satu mempunyai frekuensi 349 Hz dan yang lain tidak diketahui frekuensinya. Saat dipukul bersamaan, garpu tala itu menghasilkan tiga layangan per sekon. Berapa frekuensi-frekuensi yang mungkin dari garpu tala yang tidak diketahui frekuensinya itu?

Bunyi dapat ditransmisikan melalui udara atau diubah menjadi energi listrik dan kembali diubah menjadi bunyi dengan suatu sistem penguat suara. Udara memindahkan frekuensi-frekuensi yang berbeda dengan frekuensi beragam yang dapat menyebabkan distorsi atau cacat pada distorsi kualitas bunyi. Sistem dengan fidelitas (akurasi) tinggi (hifi atau high fidelity) dirancang secara

teliti untuk menghantarkan semua frekuensi dengan efisiensi yang sama. Suatu sistem yang memiliki respon frekuensi sebesar 3dB antara 20 Hz dan 20000 Hz dipandang sangat baik.

Di samping itu, kadang-kadang dikehendaki untuk menyalurkan hanya frekuensi-frekuensi tertentu. Sistem telepon hanya menyalurkan frekuensi-frekuensi tertentu. Sistem telepon hanya menyalurkan frekuensi-frekuensi antara 300 Hz sampai dengan 3000 Hz, dalam rentang frekuensi inilah sebagian besar informasi dalam bahasa lisan berada. Kata-kata kita dapat dimengerti meskipun frekuensi tinggi dan rendahnya hilang. Distorsi bunyi musik juga dapat menghasilkan efek-efek yang menarik dan bahkan diinginkan oleh para pemusik.

Noise (bising) terdiri dari sejumlah besar frekuensi tanpa ada hubungan khusus tertentu. Bila semua frekuensi tersebut mempunyai amplitudo-amplitudo yang sama, hasilnya adalah noise putih (white noise). Noise putih telah diketahui memiliki efek relaksasi atau menjadikan seseorang merasa nyaman, dan karena itu telah digunakan oleh dokter gigi untuk membantu para pasien agar merasa nyaman.

## Latihan

1. Sebutkan beberapa jenis alat musik yang menghasilkan bunyi dengan sumber-sumber bunyi bermacam-macam!
2. Bedakan pengertian sumber bunyi permukaan dan sumber bunyi rongga udara?
3. Sebuah garpu tala tidak diketahui berapa frekuensinya. Seorang siswa menggunakan kolom udara pada suhu 27°C dan menemukan resonansi-resonansi terpisah 39,2 cm. Berapa frekuensi resonansi yang terendah
4. Berdasarkan pendeteksian bunyi oleh telinga, maka bunyi diklasifikasikan menjadi beberapa golongan. Sebutkan!

## Rangkuman

1. Bunyi atau suara adalah kompresi mekanikal atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, dan gas.
2. Sumber bunyi tak lain adalah sumber getaran yang menggetarkan medium sekelilingnya. Alat-alat musik seperti gong atau simbal dan permukaan gendang adalah contoh dari sumber-sumber bunyi yang bergetar. Kita bedakan wujud-wujud sumber bunyi sebagai senar atau dawai, pita,

permukaan, baik yang berupa selaput atau membran maupun lempeng dan rongga udara.

3. Sifat-sifat bunyi meliputi gelombang bunyi, yaitu gelombang longitudinal juga mempunyai ciri-ciri, antara lain kecepatan, frekuensi, panjang gelombang, dan amplitudo, seperti gelombang periodik lainnya. Beberapa sifat-sifat gelombang dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), dan interferensi. Sifat bunyi lainnya yaitu resonansi dan efek doppler.
4. Telinga dibagi menjadi tiga bagian: telinga bagian luar, telinga bagian tengah, dan telinga bagian dalam. Telinga manusia merupakan suatu organ kompleks yang menerjemahkan getaran-getaran bunyi menjadi impuls saraf yang kemudian dikirim ke otak untuk diinterpretasikan



## Lembar PowerPoint 16.3



# BUNYI

### Demonstrasi

Hal-hal apa sajakah yang dapat kita amati dari demonstrasi ini?



### KOMPETENSI DASAR

- menganalisis karakteristik bunyi sebagai gelombang dan aplikasinya

### INDIKATOR

- menjelaskan beberapa sumber bunyi,
- menjelaskan sifat-sifat bunyi,
- menyelesaikan soal-soal yang berhubungan dengan frekuensi, panjang gelombang, dan kecepatan bunyi,
- membedakan kuat bunyi dan tinggi nada,
- menunjukkan pengertian resonansi,
- menyelesaikan soal-soal yang berhubungan dengan gelombang berdiri dalam kolom udara yang beresonansi,
- mengidentifikasi beberapa aplikasi efek doppler, dan
- menjelaskan fungsi bagian-bagian telinga dalam mendeteksi bunyi.

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Eksperimen
- Penguatan
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi

### Curah Pendapat

- Jelaskan yang Anda ketahui tentang sumber bunyi

### Sumber Bunyi

- Sumber bunyi merupakan sesuatu yang bergetar



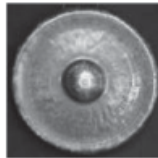
### Dawai

- kawat yang ditegangkan dengan kedua ujungnya yang dipegang tetap



### Membran

- Permukaan yang bergetar dapat menghasilkan bunyi



### Garpu Tala

- Alat yang dapat menghasilkan bunyi dengan nada tunggal



### Eksperimen

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi beberapa kelompok.
- Kelompok bekerja dengan panduan LK 16.1

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil eksperimennya
- Kelompok lain menanggapi

### Sifat Bunyi

- Bunyi memiliki sifat sebagai gelombang misalnya dapat dipantulkan, dibiaskan, didifraksikan dan berinterferensi.



13

### Medium Rambat Bunyi

- Bunyi dapat merambat melalui medium gas, zat cair, maupun zat padat
- Bunyi tidak bisa merambat pada hampa udara



14

### Nada dan Kuat Bunyi

- Nada menunjukkan tinggi rendahnya frekuensi bunyi
- Kuat bunyi menunjukkan besar kecilnya amplitudo bunyi

15

### Resonansi

- Ikut bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain
- Dimanfaatkan pada alat musik



### Curah Pendapat

- Jelaskan yang Anda ketahui tentang Efek Doppler

17

### Efek Doppler

Perubahan frekuensi yang diakibatkan sumber bunyi mendekati atau menjauhi pendengar



### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

18

### Tindak lanjut

- Tugas terstruktur: Mengerjakan lembar penilaian 16.4.
- Membaca paket berikutnya

20

## Lembar Penilaian 16.4



### A. Tes Tulis

1. Sebut dan jelaskan minimal 5 contoh sumber bunyi!
2. Jelaskan beberapa sifat-sifat bunyi (minimal 3)!
3. Bunyi dengan frekuensi 232,6 Hz merambat melalui air dengan kecepatan 1325 m/s. Tentukan panjang gelombang bunyi itu di dalam air!
4. Tentukan frekuensi suatu gelombang bunyi yang bergerak di udara pada suhu kamar dengan panjang gelombang 0,667 m!
5. Bedakan pengertian antara nada dan kuat bunyi!
6. Jelaskan prinsip resonansi yang terjadi pada *gitar* !
7. Garpu tala 440 Hz itu digunakan bersama dengan suatu kolom peresonansi untuk menentukan kelajuan bunyi dalam gas Helium. Bila jarak antara resonansi adalah 110 cm, berapa kecepatan bunyi dalam He?
8. Apa yang dimaksud dengan *Efek doppler*? Jelaskan!
9. Pada saat Anda mendengar nada peluit kereta api meninggi atau frekuensi peluitnya naik ketika kereta itu melewati Anda, Jelaskan gerak kereta itu terhadap posisi anda !
10. Jelaskan tiga bagian telinga beserta masing-masing fungsinya dalam proses mendeteksi bunyi sehingga terdengar suatu bunyi!

## Daftar Pustaka

Sedoyo, Peter. 2004. *Fisika Dasar*. Jogjakarta: Andi Jogjakarta

Suryanti, dkk. 2003. *Konsep Dasar IPA-Fisika SD*. Surabaya: Unesa University Press.

[http:// bebas. Vism.org/v.12/Fisika2.htm](http://bebas.vism.org/v.12/Fisika2.htm)

[http://gelombang bunyi. Hem](http://gelombang.bunyi.Hem)

[http://id.wikipedia.org/wiki/bunyi.](http://id.wikipedia.org/wiki/bunyi)

[http://www.sabah.org.my/bm/kenali\\_sabah/as\\_pencemaran\\_bunyi.asp](http://www.sabah.org.my/bm/kenali_sabah/as_pencemaran_bunyi.asp)

<http://Sciencetech.multiply.com/journal/item/10>

## Paket 17

# CAHAYA DAN PEMANTULANNYA

## Pendahuluan



Perkuliahan pada paket ini akan difokuskan pada konsep cahaya dan pemantulannya. Untuk itu, kajian dalam paket ini meliputi konsep cahaya dan pemantulan cahaya pada cermin datar dan cermin lengkung, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Paket ini sebagai pengantar dari paket-paket yang membahas optik geometri.

Dalam paket ini, perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi pentingnya mempelajari masalah pemantulan cahaya terutama dalam kehidupan sehari-hari. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi diminta berkelompok menjadi beberapa kelompok kecil. Kelompok ganjil diberi kesempatan untuk membangun konsep tentang pemantulan cahaya melalui eksperimen dan diskusi dengan dipandu LK 17.1.A, sedang kelompok genap dengan panduan LK 17.1.B. Mahasiswa-mahasiswi disarankan untuk membaca uraian materi 17.2 untuk mendukung kegiatan ini. Setelah eksperimen berakhir pasangan kelompok ganjil dan genap akan saling berbelanja. Dosen perlu memberikan penjelasan tentang pemantulan cahaya dengan memanfaatkan *slide PowerPoint*. Dosen diharapkan juga memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk menanyakan hal-hal yang sulit. Untuk memahami sifat pemantulan cahaya pada cermin lengkung dilakukan dengan kegiatan *brainstorming* dilanjutkan dengan penjelasan dosen. Mahasiswa-mahasiswi juga diberikan kesempatan untuk berlatih mengerjakan soal-soal pemantulan cahaya.

Untuk kelancaran kegiatan perkuliahan, sebelum perkuliahan berlangsung, dosen menugasi mahasiswa-mahasiswa untuk membawa busur derajat, penggaris cm, pensil, dan kertas putih juga kalkulator. Mahasiswa-mahasiswi sebaiknya juga disarankan untuk mempelajari uraian materi 17.2 terlebih dahulu.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswi-mahasiswa dapat menganalisis prinsip-prinsip dan karakteristik serta aplikasi cahaya dalam kehidupan sehari-hari

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian cahaya,
2. menganalisis sifat cahaya dan aplikasinya dalam kehidupan,
3. menjelaskan konsep pemantulan cahaya, dan
4. menyelesaikan masalah pemantulan cahaya.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Konsep cahaya, meliputi pengertian cahaya, sifat cahaya yang memungkinkan mata manusia normal dapat melihat benda-benda.
2. Konsep pemantulan cahaya, meliputi hukum pemantulan cahaya, pengertian pemantulan teratur dan pemantulan baur, serta akibatnya bagi penglihatan.
3. Sifat pemantulan pada cermin datar, cekung dan cembung serta penerapannya dalam kehidupan.

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 17.1.A dan LK.17.1.B
2. Lembar Uraian Materi 17.2
3. Lembar *PowerPoint* 17.3
4. Lembar Penilaian 17.4
5. Alat dan Bahan: LCD dan komputer, peralatan busur derajat, penggaris cm, pensil dan kertas putih juga kalkulator. (disiapkan mahasiswa-mahasiswi), cermin datar, cekung dan cembung (disiapkan oleh dosen)



## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
5'	1. Dosen memberi pertanyaan sebagai bahan pengenalan tentang cahaya dan pemantulannya. Pertanyaan yang diajukan sebagai berikut: "Bagaimanakah proses terbentuknya bayangan pada sebuah cermin?"	Tanya Jawab	Slide PowerPoint 17.3
2'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	Slide PowerPoint 17.3
3'	3. Dosen membagi kelas menjadi 2 kelompok sesuai dengan urutan nomor presensi mahasiswi dan mahasiswa.	Ceramah	Slide PowerPoint 17.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
15'	1. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi beberapa kelompok. Kelompok ganjil melakukan eksperimen dengan panduan LK17.1.A, sementara kelompok genap melakukan eksperimen dengan panduan LK 17.1.B. Dalam kegiatan eksperimen ini mahasiswa-mahasiswi disarankan untuk membaca uraian materi 17.2.	Eksperimen	Lembar Kegiatan 17.1.A dan LK 17.1.B Uraian Materi 17.2
10'	2. Setiap kelompok memajang hasil Kecuali pembicara, setiap anggota kelompok ganjil berbelanja pada kelompok genap dan sebaliknya.	Pemajangan dan Belanja	Papan tulis, spidol
10'	3. Dosen mereview hasil-hasil diskusi dan memberikan penguatan.	Ceramah	Slide Power- Point 17.3
10'	4. Dosen memberikan kesempatan pada mahasiswa untuk menanyakan hal-hal yang sulit.	Tanya Jawab	

1	2	3	4
10'	5. Mahasiswa diminta mengemukakan pendapatnya tentang sifat-sifat pemantulan cahaya pada cermin cekung dan cermin cembung kehidupan sehari-hari.	Brainstorming	<i>Slide PowerPoint</i> 17.3
15'	6. Dosen menjelaskan sifat pemantulan cahaya pada cermin cekung dan cembung beserta contoh-contohnya.	Ceramah Bervariasi	<i>Slide PowerPoint</i> 17.3
10'	7. Dosen mengevaluasi pencapaian kompetensi mahasiswi dan mahasiswa secara individu.	Penilaian	Lembar Penilaian 17.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen, mahasiswi-mahasiswa melakukan refleksi tentang konsep cahaya dan pemantulannya serta aplikasi cermin dalam kehidupan sehari-hari.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 17.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen memberikan tugas mandiri kepada mahasiswi dan mahasiswa membuat kesimpulan materi dan memberikan tugas membaca dan memahami materi perkuliahan minggu berikutnya.	Ceramah/ Penjelasan	<i>Slide PowerPoint</i> 17.3

## Lembar Kegiatan 17.1A



# KAMERA LUBANG JARUM

### Tujuan

Menganalisis cara perambatan sinar cahaya

### Alat dan Bahan

- Kaleng besar dengan tutup yang tembus cahaya
- Selotip
- Bola lampu 40 watt (bukan dengan pelapis kaca baur) atau nyala lilin,
- Paku kecil dan paku besar

### Langkah Kegiatan

1. Buat satu lubang di dasar kaleng kopi dengan paku kecil dan paku besar sesuai pada Gambar 17.1-1!
2. Tempatkan selotip untuk menutupi lubang yang lebih besar!
3. Tempatkan tutup tembus cahaya pada bagian atas kaleng kopi!
4. Nyalakan bola lampu 40 watt dan matikan cahaya-cahaya dalam ruangan!
5. Luruskan lubang dengan cahaya (bolam) dan tandai bayangan yang terbentuk pada tutup tembus cahaya di kaleng!
6. Jelaskan terjadinya bayangan pada kegiatan ini!
7. Tuliskan hasil-hasil eksperimen kalian pada kertas disertai dengan ilustrasi-ilustrasi!

## Lembar Kegiatan 17.1B



# BAYANGAN PADA DUA BUAH CERMIN DATAR

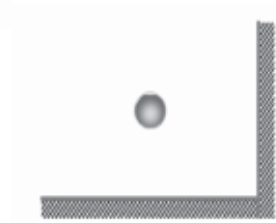
### Tujuan

Menyelidiki jumlah bayangan yang dibentuk oleh dua buah cermin datar

### Alat-alat

1. 2 buah cermin datar dan penumpunya
2. 1 buah jarum pentul atau uang logam
3. 1 buah busur derajat

### Langkah Kegiatan



**Gambar 17.1 Susunan dua Cermin Datar**

1. Letakkan dua buah cermin datar yang berpenumpu di atas meja. Bagian depan cermin menghadap ke ruang yang sama seperti pada gambar 17.1-1!
2. Atur sudut antara kedua cermin sama dengan  $90^\circ$  Letakkan sekeping uang logam atau jarum pentul di depan cermin!
3. Hitung jumlah bayangan yang terbentuk!
4. Ulangi langkah 1 sampai dengan langkah 4 untuk sudut antara kedua cermin  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $30^\circ$ !
5. Tulis hasil pengamatan anda pada tabel berikut : Sudut antara kedua cermin
6. Jumlah bayangan  $90^\circ$ ;  $60^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $30^\circ$ !
7. Dari hasil yang anda peroleh, adakah hubungan antara sudut kedua cermin dengan jumlah bayangan yang terbentuk? Jika ada, nyatakan hubungan tersebut dengan sebuah persamaan!
8. Coba Anda lakukan kegiatan di atas dengan sudut-sudut yang lain!
9. Tuliskan hasil eksperimen dan diskusi saudara pada kertas yang telah disediakan!

## Uraian Materi 17.2



# CAHAYA DAN PEMANTULANNYA

## A. Cahaya

### Pengertian Cahaya

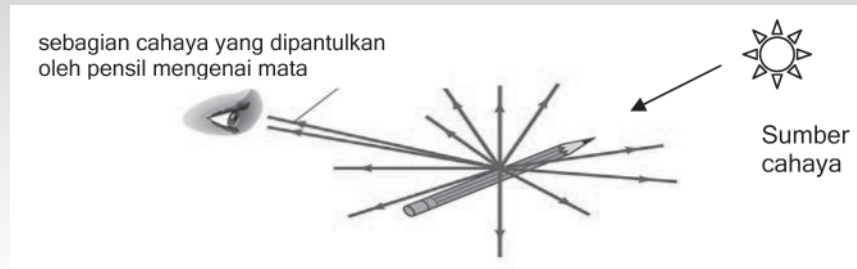
Pada saat ini menurut pendapat para ilmuwan cahaya, merupakan gelombang transversal yang termasuk gelombang elektromagnetik, yang menurut Maxwell (1831-1874) dibangkitkan oleh gejala kelistrikan dan kemagnetan sehingga tergolong gelombang elektromagnetik. Hal tersebut berbeda dengan gelombang bunyi yang tergolong sebagai gelombang mekanik. Gelombang elektromagnetik dapat merambat dengan atau tanpa medium dengan kecepatan rambat amat tinggi bila dibandingkan dengan gelombang bunyi. Gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan 300.000 km/s. Kebenaran pendapat Maxwell tak terbantahkan ketika Hertz (1857-1894) berhasil membuktikan secara eksperimental yang disusul dengan penemuan-penemuan berbagai gelombang yang tergolong gelombang elektromagnetik seperti sinar x, sinar gamma, gelombang mikro radar dan sebagainya. Kondisi tertentu cahaya menunjukkan sifat sebagai gelombang dan dalam kondisi lain menunjukkan sifat sebagai partikel. Hal ini disebut sebagai dualisme cahaya.

Cahaya menurut Al Haitsam (965-322 M) seorang Mesir di Iskandaria yang pendapatnya tentang cahaya diterima sampai saat abad ke XX ini: Kita dapat melihat suatu benda karena benda tersebut memantulkan cahaya. Dalam bahasa Arab cahaya dikenal sebagai An noor dan konsep ini telah dikenal sekitar abad ke X. Pemahaman cahaya juga tersebut dalam firman Allah dalam surat Annoor ayat 35 yang artinya:

Allah pemberi cahaya kepada langit dan bumi . Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti sebuah lubang dalam yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca dan kaca itu seakan akan bintang yang bercahaya seperti mutiara yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang banyak buahnya, yaitu pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur dan tidak pula di sebelah barat, yang minyaknya hampir-hampir menerangi meskipun tidak disentuh api. Cahaya berlapis-lapis milik Allah membimbing kepada cahayaNya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, serta Allah maha mengetahui atas segala sesuatu yang manusia tidak mengetahuinya.

### Mengapa kita dapat melihat benda

Kita dapat melihat benda karena ada cahaya dari benda ke mata kita. Cahaya itu memang berasal dari benda tersebut, atau karena benda itu memantulkan cahaya yang datang padanya lalu mengenai mata kita. Jadi, gejala melihat erat kaitannya dengan keberadaan cahaya atau sinar seperti terlihat pada gambar 17.2.



**Gambar 17.2 Pemantulan Cahaya**

**Cahaya dipantulkan oleh pensil ke segala arah. Kita dapat melihat sebuah pensil karena sebagian cahaya yang dipantulkan oleh pensil mengenai mata (Giancoli,1991)**

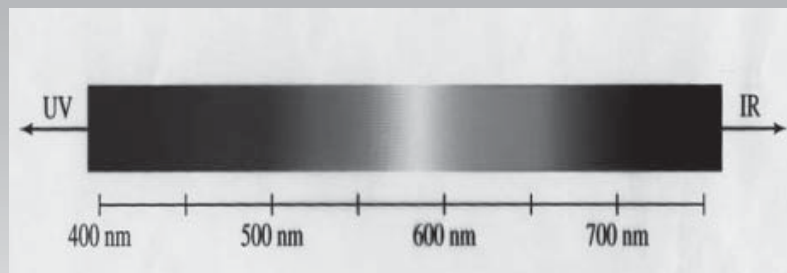
### Sifat-sifat Cahaya

Sebagai gelombang elektromagnetik cahaya memiliki sifat antara lain sebagai berikut.

- Dapat mengalami pemantulan (refleksi)
- Dapat mengalami pembiasan (refraksi)
- Dapat mengalami pelenturan (difraksi)
- Dapat dijumlahkan (interferensi)
- Dapat diuraikan (dispersi)
- Dapat diserap arah getarannya (polarisasi)
- Bersifat sebagai gelombang dan partikel (dualisme cahaya)

### Berkas Cahaya

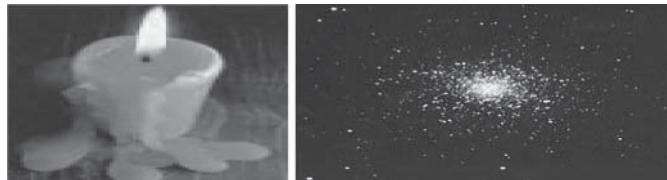
Cahaya adalah rentang frekuensi gelombang elektromagnetik yang merangsang retina mata, mempunyai panjang dari  $\pm 400 \text{ nm}$  ( $4,00 \times 10^{-7} \text{ m}$ ) -  $700 \text{ nm}$  ( $7,00 \times 10^{-7}$ ). Panjang gelombang terpendek terlihat sebagai cahaya ungu. Seiring dengan peningkatan panjang gelombang warna akan berubah secara gradual (bertahap) dari nila, biru, hijau, kuning, orange, dan yang terakhir merah, membentuk spektrum cahaya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.3.



**Gambar 17.3 Spektrum Cahaya (Sumber: Giancoli,1991)**

### Sumber Cahaya

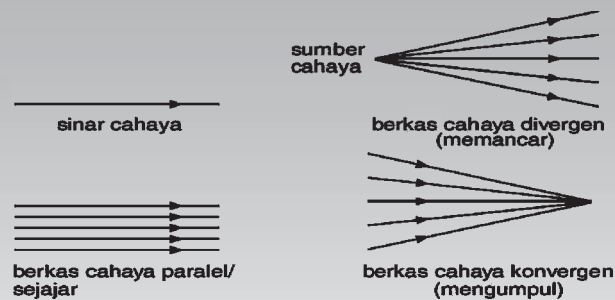
Telah dijelaskan bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik. Ciri utama gelombang elektromagnetik adalah tidak pernah diam, selalu bergerak. Benda-benda yang sangat panas seperti matahari dan filamen lampu listrik memancarkan cahaya mereka sendiri. Begitu juga cahaya lilin atau cahaya pada layar televisi yang dibangkitkan oleh tumbukan antara elektron berkecepatan tinggi dengan zat yang dapat berfluoresensi (berpendar) yang terdapat pada layar televisi. Benda-benda tersebut merupakan sumber cahaya. Benda seperti bulan dan bintang bukanlah sumber cahaya. Ia hanya memantulkan cahaya yang diterimanya dari matahari. Jadi, cahaya selain dapat dipancarkan juga dapat dipantulkan. Benda-benda yang merupakan sumber cahaya merupakan pemancar gelombang cahaya, sedangkan benda yang disinari merupakan pemantul gelombang cahaya seperti dalam Gambar 17.4.



**Gambar 17.4 (a ) Nyala lilin (b) sinar bintang  
(Sumber: [www.abyss.uoregon.edu/~js/ast121](http://www.abyss.uoregon.edu/~js/ast121))**

### Rambatan Cahaya

Cahaya merambat lurus dalam ruang hampa atau dalam medium homogen yang lain, seperti yang dapat kita lihat pada saat cahaya matahari atau yang keluar dari sebuah lampu senter melintasi asap atau debu di ruang yang gelap. Cahaya yang merambat digambarkan sebagai garis lurus berarah yang disebut sinar cahaya, sedangkan berkas cahaya terdiri dari beberapa garis berarah. Lintasan garis lurus cahaya telah menuntun ke model sinar cahaya. Sinar adalah garis lurus yang mewakili lintasan tajam berkas cahaya. Berkas cahaya seperti pada Gambar 17.5 bisa parallel, divergen (menyebarkan), atau konvergen (mengumpul).



Gambar 17.5

**Cahaya merambat dalam garis lurus yang disebut sinar cahaya sedangkan berkas cahaya digambarkan dengan beberapa garis berarah (Sumber: [www.e-dukasi.net/modul online fisika/pustekkom,2005](http://www.e-dukasi.net/modul_online_fisika/pustekkom,2005))**

Model berkas cahaya ini dapat digunakan untuk menjelaskan cara cahaya dipantulkan dan dibiaskan. Lintasan berkas cahaya adalah garis lurus adalah, yang dibuktikan pada saat tubuh menghalangi sinar matahari kita akan melihat bayang-bayang gelap. Daerah gelap di belakang benda yang tidak tembus cahaya disebut bayang-bayang.

### Kecepatan Cahaya

Kecepatan cahaya ( $c$ ) merupakan hasil perkalian frekuensi dengan panjang gelombang cahaya :  $c = f \times \lambda$ . Pada tahun 1983 Komite Sistem Satuan Internasional (SI) memutuskan kecepatan cahaya merupakan besaran yang berharga tertentu dan mendefinisikan kecepatan cahaya dalam ruang hampa tepat sebesar  $c = 2,99792458 \times 10^8$  m detik<sup>-1</sup>. Untuk keperluan perhitungan, umumnya digunakan  $c = 3,00 \times 10^8$  m detik<sup>-1</sup> jika tidak diperlukan ketelitian yang tinggi. Harga kecepatan cahaya dalam médium udara sedikit lebih kecil. Kecepatan cahaya dalam bahan tembus cahaya (transparan), seperti kaca dan air, juga lebih kecil dibandingkan dalam udara vakum. Nisbah kecepatan cahaya dalam udara vakum ( $c$ ) terhadap kecepatan udara dalam bahan ( $v$ ) disebut sebagai indeks bias  $n$  bahan sebagai berikut.

$$n = c/v \quad (17-1)$$

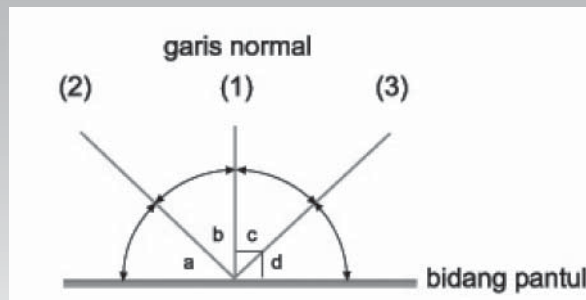
Indeks bias suatu bahan harganya selalu  $\geq 1$ .

## B. Pemantulan Cahaya

### Hukum Pemantulan Cahaya dari Snellius

1. Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada bidang yang sama.
2. Besar sudut datang ( $i$ ) sama dengan besar sudut pantul ( $r$ ).





**Gambar 17.6**

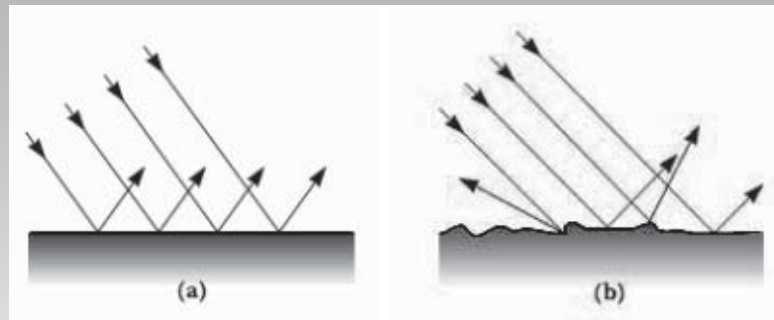
**Pemantulan cahaya: Sudut datang sama dengan sudut pantul  
(e-dukasi.net. /mapok/mp\_full.php diakses: 2 Desember 2007)**

Garis (2) pada gambar 17.6 di atas melukiskan sinar datang ke permukaan cermin, sedangkan garis (1) adalah garis normal. Sudut datang adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dan garis normal. Jadi, sudut datang adalah  $b$ , sedangkan sudut pantul dibentuk oleh garis normal (1) dan sinar pantul (3) dan besarnya sama dengan sudut datang. Pada gambar 17.6 sudut pantul adalah  $c$ .

### **Pemantulan Biasa dan Pemantulan Baur**

Pada umumnya kita dapat melihat benda karena benda tersebut memantulkan cahaya yang mengenai mata kita. Apabila cahaya mengenai permukaan benda, cahaya akan dipantulkan ke segala arah. Pada permukaan benda yang rata seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk suatu pola yang teratur. Sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan cermin dipantulkan sebagai sinar-sinar sejajar pula. Akibatnya cermin dapat membentuk bayangan benda. Pemantulan semacam ini disebut pemantulan teratur atau pemantulan biasa .

Sebaliknya, pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar. Gambar 17.7 memperlihatkan bagaimana sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu dipantulkan ke berbagai arah sehingga kita dapat melihat kayu ini pada berbagai posisi. Perhatikan bahwa sinar-sinar yang datang ke permukaan kayu merupakan sinar-sinar yang sejajar, namun sinar-sinar pantulnya tidak. Pemantulan seperti ini disebut pemantulan baur .



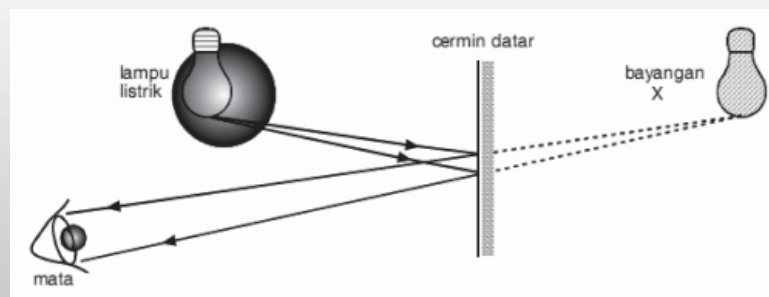
**Gambar 17.7**

**(a) Apabila sinar-sinar sejajar mengenai permukaan cermin, sinar-sinar dipantulkan sebagai sinar-sinar sejajar. (b) Apabila sinar-sinar sejajar mengenai permukaan kasar misal kayu, sinar-sinar itu akan dipantulkan ke segala arah (Serway,2004)**

Akibat pemantulan baur ini kita dapat melihat benda dari berbagai arah. Misalnya pada kain atau kertas yang disinari lampu sorot di dalam ruang gelap kita dapat melihat apa yang ada pada kain atau kertas tersebut dari berbagai arah. Pemantulan baur yang dilakukan oleh partikel-partikel debu di udara yang berperan dalam mengurangi kesilauan sinar matahari. Pemantulan baur juga sangat membantu pengemudi mobil saat malam hari yang gelap. Pada saat jalanan kering di malam yang gelap, sinar lampu mobil akan dipantulkan ke segala arah oleh permukaan jalanan yang tidak rata ke segala arah termasuk ke mata pengemudi sehingga jalanan terlihat terang. Namun saat jalanan basah karena hujan, permukaan jalanan menjadi rata sehingga sinar lampu mobil hanya dipantulkan ke arah tertentu saja, yakni ke arah depan jalanan sehingga pengemudi mengalami kesulitan karena tidak dapat melihat jalanan di depannya dengan baik.

#### **Pemantulan pada Cermin Datar**

Sifat pembentukan bayangan pada cermin datar seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 17.8 adalah sebagai berikut.



**Gambar 17.8**

**Melukis pembentukan bayangan bola lampu listrik menggunakan hukum pemantulan cahaya (Sumber: e-dukasi.net. /mapok/mp\_full.php diakses: 2 Desember 2007)**

- Jarak bayangan ke cermin sama dengan jarak benda ke cermin.
- Tinggi bayangan sama dengan tinggi benda.
- Bayangan bersifat tegak dan maya di belakang cermin.

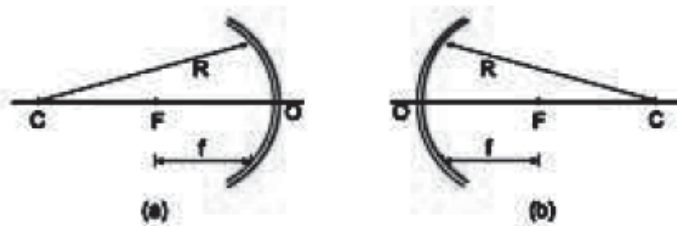
Persamaan untuk menentukan tinggi minimal cermin datar agar dapat melihat tinggi seluruh bayangan benda dinyatakan sebagai berikut.

$$L = \frac{1}{2} h \quad (17-2)$$

$L$  = tinggi minimal cermin datar (m);  $h$  = tinggi benda (m)

### Pemantulan pada Cermin Cekung

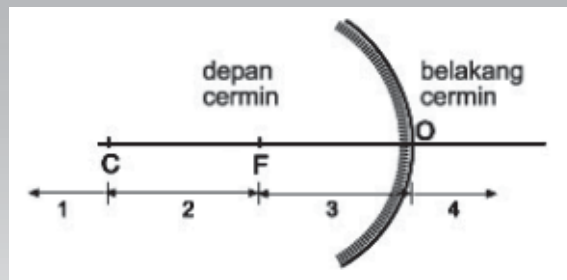
Cermin lengkung adalah cermin yang permukaannya lengkung seperti permukaan bola. Cermin ini dibedakan atas cermin cekung (konkaf) dan cermin cembung (konveks).



Gambar 17.9

### Penamaan dan penempatan titik dan jarak pada (a) cermin cekung dan (b) cermin cembung

Beberapa istilah yang harus pahami saat membicarakan cermin lengkung antara lain pusat kelengkungan, verteks, sumbu utama, jari-jari kelengkungan, fokus utama, jarak fokus, dan bidang fokus. Pusat kelengkungan adalah pusat kelengkungan cermin (C), verteks adalah titik tengah permukaan pantul (O). Sumbu utama adalah garis lurus yang menghubungkan antara pusat kelengkungan dan verteks (CO). Jari-jari kelengkungan R merupakan jari-jari bola cermin. Fokus utama (F) merupakan sebuah titik pada sumbu utama tempat berkumpulnya sinar-sinar sejajar yang mendatangi cermin cekung. Jarak fokus ( $f$ ) adalah jarak dari verteks ke fokus utama F. Bidang fokus adalah bidang yang melalui fokus dan tegak lurus sumbu utama.

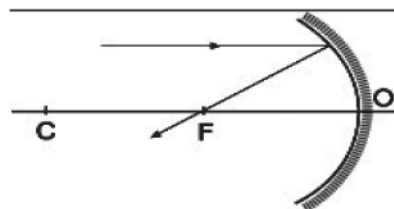


Gambar 17-10

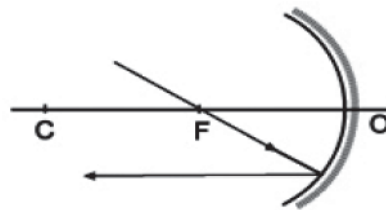
Penomoran ruang-ruang pada cermin cekung. ([www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php) diakses 2 Desember 2007)

### Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cekung

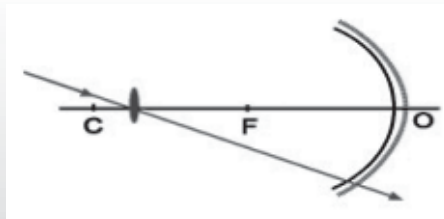
- Sinar-sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus.



- Sinar datang melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.



Sinar datang melalui pusat kelengkungan cermin dipantulkan melalui titik itu juga.

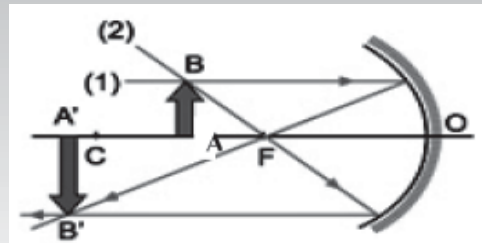


Gambar 17.11-c

### Pembentukan Bayangan oleh Cermin Cekung

Untuk dapat melukis bayangan suatu benda di depan cermin lengkung cukup digunakan dua dari tiga (yakni sinar istimewa 2 dan 3) sinar istimewa di atas bila hendak menentukan bayangan sebuah benda yang berada di depan cermin cekung.

Cermin cekung dengan posisi benda berada di antara pusat kelengkungan dan titik fokus cermin atau  $R > s > f$  seperti pada gambar 17.12 akan memiliki sifat-sifat nyata (tidak dapat dilihat langsung oleh mata kita, tetapi dapat ditangkap oleh layar), terbalik, dan diperbesar .



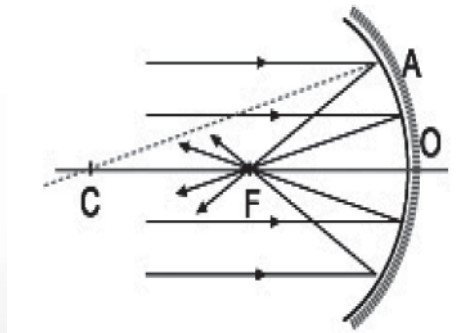
**Gambar 17.12-a Bayangan suatu benda yang diletakkan di antara pusat kelengkungan dan titik fokus cermin cekung tampak terbalik diperbesar.**

(Sumber: [www.e-dukasi.net.mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net.mapok/mp_full.php) diakses 2 Desember 2007)

Bayangan maya adalah bayangan yang tidak dapat ditangkap layar, namun dapat langsung dilihat oleh mata seperti bayangan pada cermin datar.

(b). Posisi benda di sebelah kiri pusat kelengkungan cermin atau  $s > 2f$ .

Bayangan benda yang terletak di sebelah kiri pusat kelengkungan cermin atau  $s > 2f$ . seperti terlihat pada gambar 17.12-c dengan cara yang sama pada poin (a), bayangan benda yang terbentuk tampak diperkecil, terbalik, dan nyata.

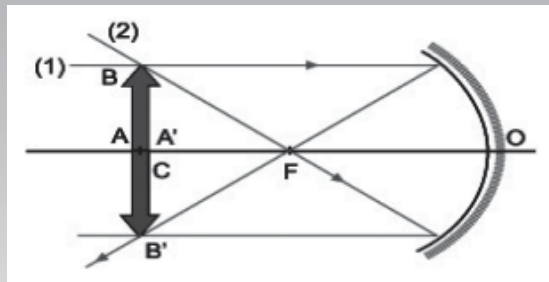


**Gambar 17.12-b**

**Bila jarak benda  $s > 2f$  sifat bayangan yang terbentuk adalah nyata, terbalik, diperkecil (Sumber: [www.e-dukasi.net.mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net.mapok/mp_full.php) diakses 2 Desember 2007)**

(c) Posisi benda di jauh tak terhingga atau  $s = \infty$

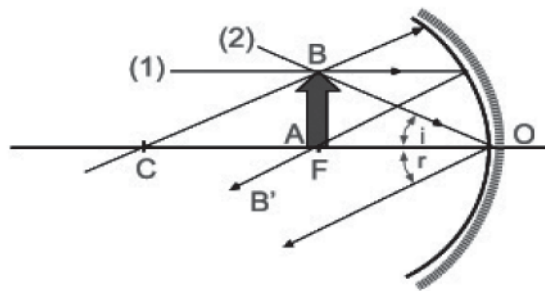
Bayangan benda yang terletak jauh tak terhingga yang datang ke cermin berupa sinar-sinar sejajar dan oleh cermin sinar-sinar ini akan dikumpulkan di fokus utama sehingga bayangan benda yang terbentuk hanya berupa titik di fokus utama seperti terlihat pada gambar 17.12-c



Gambar 17.12-d

Bayangan dari suatu benda yang berada tepat di pusat kelengkungan cermin cekung. Sifat-sifat bayangan adalah sama besar, terbalik dan nyata (Sumber: [www.e-dukasi.net.mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net.mapok/mp_full.php) diakses 2 Desember 2007)

Sinar-sinar yang datang dari benda yang diletakkan tepat di fokus utama, dipantulkan oleh cermin cekung sejajar sumbu utama sehingga tidak terbentuk bayangan. Sering juga dikatakan bahwa bayangan benda ada di jauh tak terhingga seperti pada gambar 17.12-e

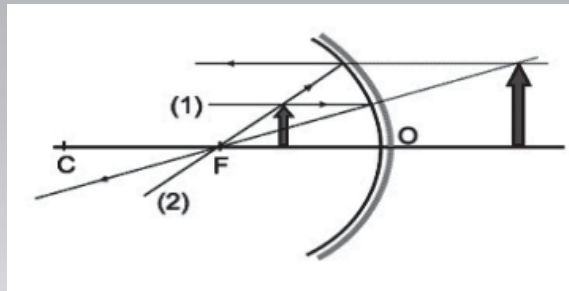


Gambar 17.12-e

Bayangan suatu benda yang diletakkan di fokus utama cermin cekung ada di jauh tak terhingga (Sumber: [www.e-dukasi.net.mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net.mapok/mp_full.php) diakses 2 Desember 2007).

(f). Posisi benda di antara titik F dan O atau  $s < f$

Bila benda diletakkan pada jarak yang lebih kecil dari jarak fokus cermin cekung, bayangan yang terbentuk merupakan perpotongan dari perpanjangan sinar-sinar pantul sehingga bayangannya seperti pada Gambar 17. 12-f bersifat maya, diperbesar, dan tegak.



Gambar 17.12-f

**Bayangan benda yang diletakkan di antara O dan F atau  $s < f$  akan diperbesar, tegak dan maya**

(Sumber: [www.e-dukasi.net.mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net.mapok/mp_full.php) diakses 2 Desember 2007)

Dari gambar 17.12-f terlihat bahwa bayangan tampak tegak, diperbesar, dan berada di belakang cermin sementara kemungkinan-kemungkinan terdahulu bayangan benda selalu di depan cermin cekung. Jadi, dapat disimpulkan bahwa bila bayangan suatu benda nyata di depan cermin cekung terbentuk di depan cermin tersebut, maka bayangan benda itu merupakan bayangan nyata, sebaliknya bila bayangan terletak di belakang cermin bayangannya adalah bayangan maya. Dapat ditambahkan juga bahwa bayangan maya dari suatu benda nyata selalu tegak dan diperbesar.

Hubungan antara Jarak Benda, Jarak Fokus, dan Jarak Bayangan

Hubungan jarak benda ( $s$ ) dengan jarak fokus ( $f$ ) dan jarak bayangan ( $s'$ ) pada cermin cekung dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Bagaimana dengan perbesaran bayangan?

Perbesaran bayangan,  $M$  didefinisikan sebagai perbandingan ukuran bayangan dengan ukuran bendanya. Dalam bentuk persamaan berikut.

Persamaan Perbesaran bayangan cermin cekung

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

**Latihan**

1. Sebutkan sifat cahaya yang memungkinkan manusia dapat melihat!
2. Apakah yang disebut pemantulan baur dan pemantulan teratur?
3. Jelaskanlah sifat-sifat bayangan yang dihasilkan oleh cermin datar!
4. Tulislah persamaan yang menyatakan hubungan antara jarak fokus ( $f$ ), jarak benda ( $s$ ), dan jarak bayangan ( $s'$ ) pada cermin cekung!

**Rangkuman**

- Sinar cahaya merambat dalam satu garis lurus.
- Berkas cahaya adalah sekumpulan dari sinar cahaya. Berkas cahaya dibedakan atas berkas cahaya paralel atau sejajar, berkas cahaya divergen, dan berkas cahaya konvergen.
- Manusia dapat melihat benda karena benda memancarkan atau memantulkan sinar ke mata.
- Pemantulan cahaya memenuhi hukum pemantulan cahaya. Hukum pemantulan cahaya yang pertama menyatakan bahwa sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar dan yang kedua menyatakan bahwa sudut datang sama dengan sudut pantul.
- Ada dua jenis pemantulan, yaitu pemantulan baur dan pemantulan teratur.
- Pemantulan baur terjadi karena sinar sejajar yang datang ke suatu permukaan yang tidak rata dipantulkan oleh permukaan itu tidak sebagai sinar-sinar sejajar. Akibatnya kita dapat melihat benda dari berbagai arah.
- Pemantulan teratur terjadi karena sinar sejajar yang datang ke suatu permukaan rata dipantulkan oleh permukaan itu dalam arah sejajar pula sehingga membentuk bayangan benda yang hanya dapat dilihat pada arah tertentu saja.
- Cermin adalah benda yang dapat memantulkan cahaya.
- Cermin lengkung terdiri atas cermin cekung dan cermin cembung.
- Bayangan pada cermin dibedakan atas bayangan nyata dan bayangan maya. Bayangan nyata dibentuk langsung oleh sinar pantul, sedangkan bayangan maya dibentuk oleh perpanjangan sinar pantul. Bayangan nyata dapat ditangkap layar, sedangkan bayangan maya dapat dilihat langsung pada cermin.



## Lembar PowerPoint 17.3



### CAHAYA DAN PEMANTULANNYA

#### Pertanyaan

- Bagaimana cara proses pembentukan bayangan pada cermin?



3

#### KOMPETENSI DASAR

- menganalisis prinsip-prinsip dan karakteristik serta aplikasi cahaya dalam kehidupan sehari-hari

4

#### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian cahaya,
- menganalisis sifat cahaya dan aplikasinya dalam kehidupan,
- menjelaskan konsep pemantulan cahaya, dan
- menyelesaikan masalah pemantulan cahaya.

5

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Eksperimen
- Belanja
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Brainstorming
- Penguatan
- Penilaian
- Refleksi

6

#### Eksperimen

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi beberapa kelompok.
- Kelompok ganjil bekerja dengan panduan LK 17.1.A dan Kelompok genap dengan panduan LK 17.1.B

7

## Belanja

- Tiap kelompok menyiapkan pembicara
- Hasil eksperimen di tayangkan
- Kelompok ganjil dan genap saling berbelanja atau berbagi pengalaman

## Gelombang Cahaya

Cahaya merupakan gelombang transversal yang termasuk gelombang elektromagnetik. Cahaya dapat merambat dalam ruang hampa dengan kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s.

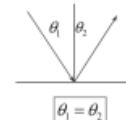


## Sifat2 Cahaya :

- Dapat mengalami pemantulan (refleksi)
- Dapat mengalami pembiasan (refraksi)
- Dapat mengalami pelenturan (difraksi)
- Dapat dijumlahkan (interferensi)
- Dapat diuraikan (dispersi)
- Dapat diserap arah getarnya (polarisasi)
- Bersifat sebagai gelombang dan partikel

## Pemantulan Cahaya

- Ketika cahaya mengenai suatu medium sebagian cahaya tersebut akan dipantulkan



$$\theta_1 = \theta_2$$

- Permukaan halus:



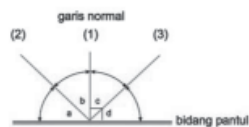
Sudut datang = sudut pantul

- Permukaan kasar:



## Hukum Pemantulan Cahaya

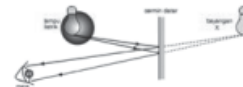
- Sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.
- Sudut datang ( $i$ ) = sudut pantul ( $r$ )



## Pemantulan pada Cermin Datar

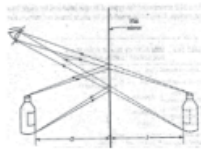
Sifat pembentukan bayangan pada cermin datar :

- Jarak bayangan ke cermin = jarak benda ke cermin
- Tinggi bayangan = tinggi benda
- Bayangan bersifat tegak dan maya, dibelakang cermin



**Pembentukan Bayangan pada Cermin**

Pembentukan bayangan maya pada cermin datar



**Tanya Jawab**

- Silakan menanyakan hal-hal yang belum jelas tentang pemantulan cahaya

15

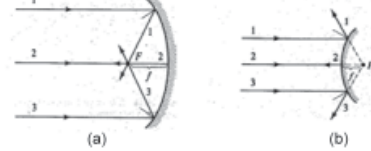
**Brainstorming**

- Bagaimana sifat pemantulan cahaya pada cermin lengkung?



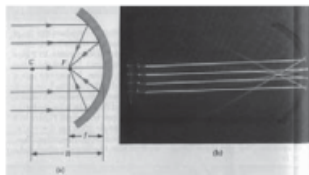
**Pembentukan Bayangan pada Cermin**

Pembentukan bayangan maya pada cermin Cekung dan Cembung



Titik fokus dan panjang fokus a) cermin cekung: mengumpulkan sinar dan b) cermin cembung: menyebarkan sinar

**Pembentukan Bayangan pada Cermin Sferis**  
a. Cermin Cekung (Konkaf)

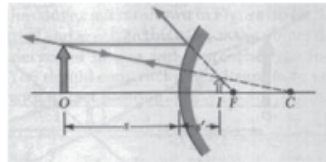


Merupakan bagian kecil dari suatu lingkaran

Sinar-sinar Istimewa pada cermin Cekung :

- Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus.
- Sinar datang melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.
- Sinar datang melalui pusat kelengkungan cermin dipantulkan melalui titik itu juga.

**b. Cermin Cembung (Cermin Konvek)**



Sinar-sinar Istimewa pada cermin Cembung :

- Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seolah-olah berasal dari titik fokus.
- Sinar datang melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.
- Sinar datang melalui pusat kelengkungan cermin dipantulkan melalui titik itu juga.

Sifat Bayangan :

Maya, tegak, diperkecil.

Perhitungan Pembentukan Bayangan

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad \text{atau} \quad \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

Contoh :

Sebuah benda berdiri tegak 10 cm di depan cermin cembung yang mempunyai titik fokus 30 cm. Jika tinggi bendanya 2 m, tentukanlah tinggi bayangan yang terbentuk dan perbesaran benda.

## Penilaian

- Kerjakan lembar penilaian 17.4

23

## Refleksi

- Berikan komentar pada perkuliahan hari ini
- Tugas: Membuat ringkasan materi dan menyiapkan materi berikutnya

24

وَسَلَامٌ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

## Lembar Penilaian 17.4



### A. Tes Tulis

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan cahaya!
2. Jelaskan bagaimana proses seseorang melihat sebuah benda!
3. Jelaskanlah sifat-sifat cahaya!
4. Sebutkanlah dua pernyataan yang merupakan hukum pemantulan cahaya!
5. Berapakah besar sudut yang dibentuk oleh sinar yang datang dan sinar pantul?
6. Berapakah tinggi cermin datar minimal agar seseorang yang tingginya 170 cm yang berdiri di depan cermin itu dapat melihat keseluruhan bayangannya pada cermin tersebut?
7. Bayangan sebuah benda yang tingginya 5 cm saat diletakkan 10 cm di depan cermin cekung yang jari-jari kelengkungannya 20 cm!
8. Sebuah lilin setinggi 8 cm berada 6 cm di depan cermin cembung yang jarak fokusnya 20 cm. Tentukan tinggi bayangan dan sifat-sifat bayangan yang terbentuk!

## Daftar Pustaka

Duncan, Tom. 1977. *Physics For Today and Tomorrow*. London: John Murray

Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications*, 5<sup>th</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall

Hademenos, G.J (ed.). 2000. *Schaum's Easy Outline College Physics*. New Jersey: Prentice Hall

Modul Fisika (Online) ([http://www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php), diakses 2 Desember 2007)

Modul General Physics (Online) ( <http://www.nvcc.edu/phy232/lectures.html>, diakses pada 24 Maret 2008).

Serway, J. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/Cole

Suryanti, dkk. 2003. *Konsep dasar IPA-Fisika SD untuk Program Studi D2 PGSD*. Surabaya: UNESA University Press

## Paket 18

# PEMBIASAN CAHAYA

## Pendahuluan



Perkuliahan pada paket ini akan difokuskan pada konsep pembiasan cahaya. Untuk itu kajian dalam paket ini meliputi konsep pembiasan cahaya, sifat pembiasan cahaya dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Paket ini sebagai kelanjutan dari paket-paket sebelumnya khususnya materi optik geometris cahaya dan pemantulannya dan alat optik.

Perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi kepada mahasiswa-mahasiswi dengan mengajukan pertanyaan tentang fenomena pembiasan pada kolam air. Selanjutnya, mahasiswa-mahasiswi bekerja secara berkelompok untuk melakukan eksperimen tentang pembiasan dengan panduan LK 18.1 dan uraian materi 18.2 yang telah disediakan. Untuk menguatkan pemahaman mahasiswa-mahasiswi, dosen juga memberikan penegasan konsep pembiasan cahaya dan memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya jawab. Untuk memperkuat pemahaman mahasiswa akan melakukan kerja mandiri dengan memanfaatkan lembar penilaian 18.4.

Untuk kelancaran perkuliahan, disarankan dosen menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mempersiapkan peralatan-peralatan eksperimen. Mahasiswa-mahasiswi sebaiknya juga disarankan untuk membaca uraian materi 18.2 terlebih dahulu sebelum perkuliahan.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menerapkan konsep pembiasan cahaya, sifat cahaya, dan aplikasinya dalam kehidupan.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswi-mahasiswa diharapkan mampu:

1. menjelaskan konsep pembiasan cahaya,
2. mendeskripsikan kaitan antara pembiasan dengan indek bias,
3. menerapkan sifat pembiasan cahaya,
4. mendeskripsikan sifat pembiasan cahaya pada lensa cekung, dan
5. menjelaskan sifat pembiasan cahaya pada cembung.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Pembiasan Cahaya
2. Indeks Bias
3. Pemantulan Total
4. Sifat Pembiasan Cahaya pada Lensa Cekung
5. Sifat Pembiasan Cahaya pada Lensa Cembung

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 18.1
2. Lembar Uraian Materi 18.2
3. Lembar *PowerPoint* 18.3
4. Lembar Penilaian 18.4
5. Alat dan Bahan: LCD dan komputer, bahan : lensa cembung dan cekung, lampu optik, bungku optik, lilin serta layar, (disiapkan oleh dosen)



## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
5	<p><b>Kegiatan Awal</b></p> <p>1. Dosen memberi motivasi dengan mengajukan pertanyaan berikut. Mengapa kolam renang kelihatan dangkal ketika terisi air?</p>	Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 18.3
2'	<p>2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.</p>	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 18.3
25'	<p><b>Kegiatan Inti</b></p> <p>1. Mahasiswa-mahasiswi melakukan eksperimen dalam kelompoknya dan bekerja sesuai dengan LK 18.1.</p>	Eksperien	Lembar Kegiatan 18.1 Uraian Materi 18.2
15'	<p>2. Masing-masing wakil kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.</p>	Presentasi	
10'	<p>3. Dosen menjelaskan konsep pembiasan cahaya dan penerapannya pada lensa.</p>	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 18.3
10'	<p>4. Mahasiswa-mahasiswi menanyakan hal-hal yang kurang jelas.</p>	Tanya Jawab	
25'	<p>5. Mahasiswa-mahasiswi berlatih mengerjakan masalah pembiasan cahaya.</p>	Kerja Mandiri	Lembar Penilaian 18.4
5'	<p><b>Kegiatan Penutup</b></p> <p>Dosen, mahasiswi-mahasiswa melakukan refleksi tentang konsep pembiasan cahaya dan aplikasi pembiasan pada lensa cekung dan cembung dalam kehidupan sehari-hari.</p>	Curah Pendapat	
3'	<p><b>Kegiatan Tindak Lanjut</b></p> <p>Dosen memberikan tugas mandiri membaca dan memahami materi perkuliahan minggu berikutnya.</p>	Ceramah/ Penjelasan	<i>Slide PowerPoint</i> 18.3

## Lembar Kegiatan 18.1



# SIFAT PEMBIASAN CAHAYA

### Pengantar

Pembahasan konsep cahaya meliputi pembahasan tentang pengertian pembiasan cahaya, indeks bias serta sifat pembiasan cahaya pada lensa seperti yang telah dijelaskan dalam pendahuluan paket ini. Paket 18 ini sebagai pengantar dari paket-paket sesudahnya difraksi, interferensi dan polarisasi cahaya, sehingga dapat dinyatakan bahwa paket 18 ini merupakan paket yang mengandung materi substansial dan teoritis yang dapat diterapkan dalam pembuatan alat optik pada penerapan dalam kehidupan.

### Tujuan

- Menjelaskan bagaimana cahaya dibelokkan pada saat cahaya tersebut bergerak dari medium satu ke medium yang lain
- Menemukan apakah pengaruh yang disebabkan oleh perubahan indeks bias.
- Menentukan sudut bias cahaya di air
- Menentukan indeks bias

### Alat dan bahan

- Mur kecil yang segi enam (hexagonal)
- Beaker gelas 1000 ml
- Air
- Cawan plastik
- Bola pingpong
- Penggaris
- Kertas grafik dan Pulpen ujung) runcing

### Langkah kegiatan 1

1. Buat garis yang membagi kertas grafik menjadi 2 bagian!
2. Gunakan pulpen runcing untuk menggambar garis vertikal pada cawan plastik!
3. Tempatkan salah satu ujung cawan sepanjang garis lurus sedemikian sehingga separo bagian bawah cawan tersebut berada pada separo kertas!

4. Tandai posisi benda pada kertas anda!
5. Tuangkan air ke dalam cawan kira-kira  $\frac{3}{4}$  bagian!
6. Letakkan sebuah penggaris pada separo kertas bagian bawah!
7. Atur posisinya sampai ujung penggaris nampak menunjuk pada titik benda ketika anda menuangkan air!
8. Buat garis lurus dari ujung penggaris sampai ujung cawan plastik!

### **Data dan pengamatan**

1. Lihat pada garis yang nampak yang anda buat pada bagian pertama, apakah cahaya dibelokkan saat merambat dari air ke udara?
2. Untuk bagian ke dua, cermati apakah garis nampak langsung menuju ke benda?
3. Untuk bagian kedua, gambar sebuah garis dari posisi benda ke titik di mana tiap-tiap garis menyentuh cawan plastik!
4. Gambar garis normal pada setiap titik di mana garis menyentuh cawan!
5. Ukur sudut-sudut dari garis normal ke udara dan air!

### **Analisis dan simpulan**

1. Jelaskan mengapa cahaya tidak dibelokkan pada bagian pertama?.
2. Menghitung nilai  $n$  dengan menggunakan hukum Snellius!.

## Uraian Materi 18.2



# PEMBIASAN CAHAYA

## A. Konsep Pembiasan Cahaya

### Pengertian Pembiasan Cahaya

Pembiasan adalah pembelokan arah penjalaran gelombang (sinar) karena melewati dua medium yang memiliki kerapatan berbeda. Pembiasan cahaya berarti pembelokan arah rambat cahaya saat melewati bidang batas dua medium bening yang berbeda indeks biasnya. Pembiasan cahaya mempengaruhi penglihatan kita. Sebatang tongkat yang sebagiannya tercelup di dalam kolam berisi air dan bening akan terlihat patah.

### Hukum Snellius pada Pembiasan

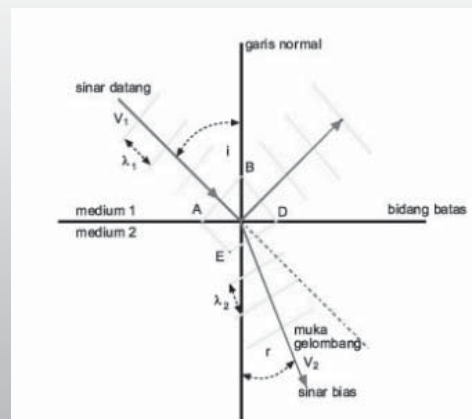
Seperti pada peristiwa pemantulan cahaya, pada pembiasan cahaya juga dijumpai hukum Snellius. Misalkan cahaya merambat dari medium 1 dengan kecepatan  $v_1$  dan sudut datang  $i$  menuju ke medium 2. Saat di medium 2 kecepatan cahaya berubah menjadi  $v_2$  dan cahaya dibiaskan dengan sudut bias  $r$  seperti diperlihatkan pada Gambar 18.1 di bawah.



**Gambar 18.1. Pembelokan Arah Penjalaran Gelombang (sinar) karena Melewati Dua Medium yang Memiliki Kerapatan Berbeda**

Berdasarkan teori muka gelombang, rambatan cahaya dapat digambarkan sebagai muka gelombang yang tegak lurus arah rambatan dan muka gelombang itu membelok saat menembus bidang batas medium 1 dan medium 2 seperti dipelihatkan Gambar 18.2 berikut:

**Gambar 18.2. Muka Gelombang pada Peristiwa Pembiasan**



Sudut datang ( $i$ ) adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal. Sudut bias ( $r$ ) adalah sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal. Sudut deviasi ( $\alpha$ ) adalah sudut yang dibentuk oleh perpanjangan sinar datang dengan sinar bias.

### Hukum Pembiasan Cahaya

Karena pertama kali dikemukakan oleh Willebrord Snellius, hukum ini dikenal dengan hukum Snellius. Hukum Snellius dinyatakan sebagai berikut.

1. Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada satu bidang.
2. Sinar datang dari medium (zat optik) yang kurang rapat ke medium lebih rapat akan dibiaskan mendekati garis normal. Sinar datang dari medium (zat optik) yang lebih rapat ke medium kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal. Sinar datang yang tegak lurus bidang batas tidak dibiaskan, tetapi diteruskan. Perbandingan sinus sudut datang dan sinus sudut bias cahaya yang memasuki bidang batas dua medium yang berbeda selalu bernilai tetap (konstan).

Cahaya datang dengan sudut  $i$  dan dibiaskan dengan sudut  $r$ . Cepat rambat cahaya di medium 1 adalah  $v_1$  dan di medium 2 adalah  $v_2$ . Waktu yang diperlukan cahaya untuk merambat dari B ke D sama dengan waktu yang dibutuhkan dari A ke E sehingga DE menjadi muka gelombang pada medium 2. Oleh karena itu :  $BD = v_1 t$  ; dan  $AE = v_2 t$ . Dari gambar 18.2 juga kita peroleh bahwa:

$\sin i = \frac{BD}{AD} = \frac{v_1 t}{AD}$  ;  $\sin r = \frac{AE}{AD} = \frac{v_2 t}{AD}$  Bila kita bagi  $\sin i$  dengan  $\sin r$  kita akan memperoleh persamaan pembiasan cahaya (indeks bias) sebagai berikut.

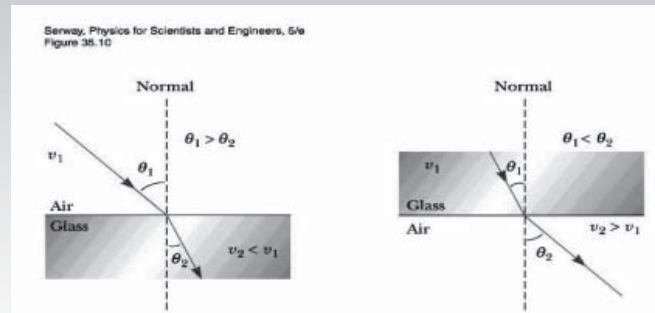
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \quad (18-1)$$

Dengan:  $i$  = sudut datang;  $r$  = sudut bias;  $v_1$  = kecepatan cahaya sebelum dibiaskan;  $v_2$  = kecepatan cahaya setelah dibiaskan.

### Rambatan Cahaya melalui Medium Optik Kurang Rapat dan Medium Optik Lebih Rapat

Indeks bias di samping menunjukkan kerapatan optik suatu medium juga menunjukkan perbandingan cepat rambat cahaya di dalam suatu medium. Semakin besar indeks bias suatu medium berarti semakin besar kerapatan optik medium tersebut. Cahaya merambat lebih cepat pada medium yang kerapatan optiknya kecil. Kaca merupakan medium optik lebih rapat bila dibandingkan air, sedangkan udara merupakan medium kurang rapat bila

dibandingkan kaca dan air. Bila cahaya merambat dari medium kurang rapat ke medium yang lebih rapat, akan dibiaskan mendekati garis normal, sebaliknya bila cahaya merambat dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal seperti diperlihatkan gambar 18.4.

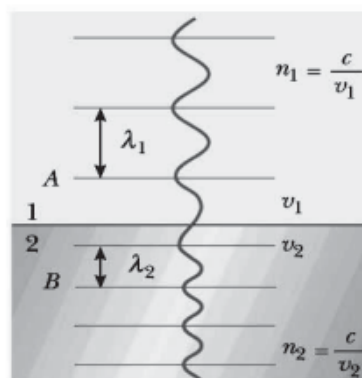


**Gambar 18.3 dan 18.4. (Serway,2004)**  
Cahaya dibiaskan mendekati garis norma(a) dan menjauhi garis normal(b)

## Pembiasan dan Warna Cahaya

Besar cepat rambat cahaya sama dengan frekuensi dikalikan dengan panjang gelombangnya atau  $v = f \cdot \lambda$  sehingga dari persamaan ini terlihat adanya hubungan antara pembiasan dan warna cahaya. Pada kenyataannya, frekuensi cahaya tidak mengalami perubahan saat cahaya melewati bidang batas dua medium seperti pada Gambar 18.5.

Serway, Physics for Scientists and Engineers, 5/e  
Figure 35.13



Harcourt, Inc.

**Gambar 18.5 Saat Gelombang Cahaya Bergerak dari Medium 1 ke Medium 2 Panjang Gelombangnya Berubah, namun Frekuensinya Tetap Konstan (Serway,2004)**

Artinya perubahan kecepatan cahaya berhubungan dengan perubahan panjang gelombangnya saja. Jadi, persamaan indeks bias relatif sebagai perbandingan panjang gelombang cahaya adalah sebagai berikut.

$\lambda_1$  = panjang gelombang cahaya pada medium 1  
 $\lambda_2$  = panjang gelombang cahaya pada medium 2

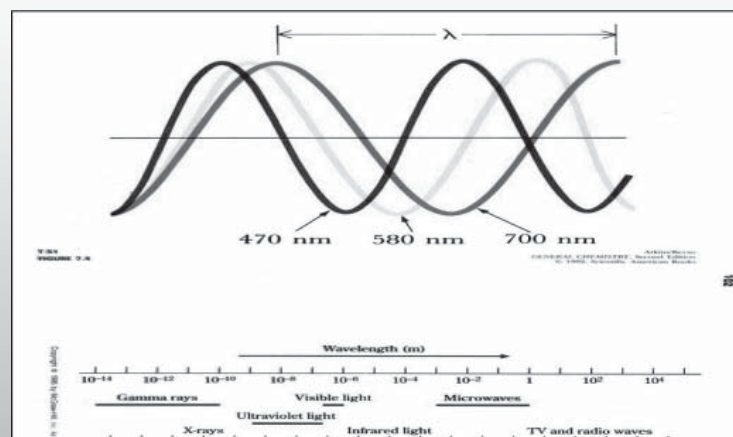
$$n_{21} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (18-5)$$

Persamaan (18-5) menyatakan bahwa panjang gelombang cahaya menentukan kesan warna tertentu pada mata kita. Ada banyak sekali warna cahaya yang merentang dari warna merah, jingga, kuning, hijau, biru sampai ungu. Setiap warna memiliki panjang gelombang sendiri-sendiri yang besarnya berbeda satu terhadap lainnya. Merah memiliki panjang gelombang terbesar, sedangkan ungu paling kecil. Tabel 18. 1 memperlihatkan warna benda dinyatakan dalam rentang panjang gelombang. Satu warna tertentu hanya memiliki satu panjang gelombang tertentu.

**Tabel 18.1. Panjang gelombang warna cahaya.**

Merah	630 - 700 nm
Jingga	590 - 630 nm
Kuning	570 - 590 nm
Hijau	500 - 570 nm
Biru	450 - 500 nm
Ungu	400 - 450 nm

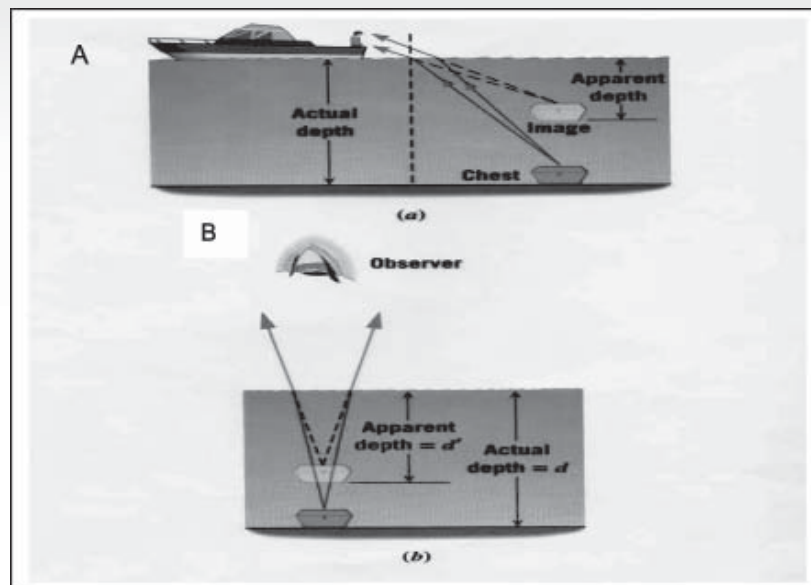
Satuan panjang gelombang pada umumnya dinyatakan dalam nanometer (nm), atau sepuluh pangkat minus sembilan meter ( $10^{-9}$  m). Hubungan frekuensi (f) dengan panjang gelombang elektromagnetik sinar dapat dinyatakan pada Gambar 18.6.



**Gambar 18.6 Hubungan Frekuensi dan Panjang Gelombang Elektromagnetik Sinar (Serway,2004)**

## Pemendekan Semu Akibat Pembiasan

Bila seseorang duduk di atas kapal memperhatikan benda yang terendam di dalam air, benda akan tampak lebih pendek dari keadaan sesungguhnya. Saat kita melihat koin atau sesuatu yang berada di dasar bak mandi, tampak mereka lebih dangkal. Gejala ini disebut pemendekan semu terjadi karena pembiasan cahaya, yakni cahaya merambat dari medium optik yang lebih rapat ke medium optik yang kurang rapat, misalnya dari air ke udara. Rambatan cahaya pada peristiwa pemendekan semu ini dapat dilihat pada Gambar 18.7.



Gambar 18. 7.

Benda di dalam Air Diamati dari Udara akan Terlihat Lebih Dangkal dari Kedalaman Sesungguhnya (Giancoli,2001)

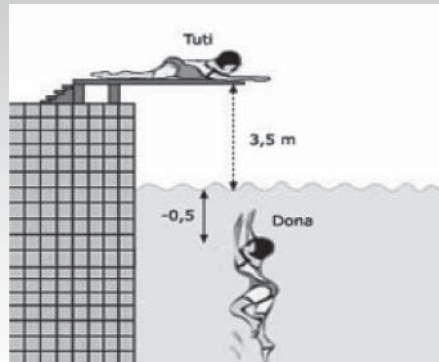
Jadi, baik pengamat A maupun pengamat B tidak melihat posisi benda yang sebenarnya. Kedua pengamat ini sama-sama melihat benda **lebih dangkal** dari posisi sebenarnya.

## Pemanjangan Semu Akibat Pembiasan

Bila pengamat berada di medium optik lebih rapat mengamati benda yang berada di medium optik kurang rapat, misalnya pengamat di dalam air mengamati benda di udara, mereka akan melihat bahwa benda tampak lebih panjang dari keadaan sesungguhnya. Peristiwa ini disebut pemanjangan semu, seperti pada Gambar 18.8. Sama seperti pemendekan semu, persamaan untuk pemanjangan semu dapat diturunkan berdasarkan hukum-hukum pembiasan dan hasilnya adalah kebalikan dari persamaan



pemendekan semu. Pada Gambar 18.8, Anisa sedang menyelam di kolam renang pada kedalaman 0,5 m dari permukaan air ( $n_a = \frac{4}{3}$ ), sementara Nikmah yang berbaring di atas papan loncat kolam renang itu tegak lurus dengan Anisa pada ketinggian 3 m dari permukaan air

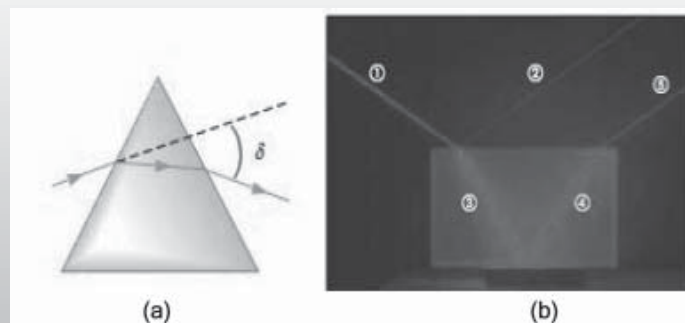


**Gambar 18.8 Benda dalam Medium Optik Berbeda**  
Pengamat yang berada di medium optik lebih rapat melihat benda yang berada pada medium optik kurang rapat lebih panjang dari keadaan sesungguhnya (e-dukasi.net.com/pustekkom Diknas 2005)

## B. PEMBIASAN PADA DUA BIDANG

### Pembiasan Pada Kaca Balok Paralel

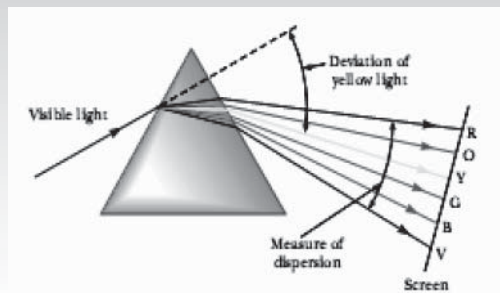
Balok kaca adalah keping kaca tiga dimensi yang kedua sisinya dibuat sejajar (Gambar 18.9). Pada Gambar 18.9.a, prisma digambar dalam bentuk dua dimensi. Dianggap bahwa medium sekeliling prisma adalah udara. Berkas cahaya yang memasuki prisma dengan sudut datang tertentu akan dibiaskan dua kali, yakni pertama saat memasuki prisma dari udara dan kedua saat keluar dari dalam prisma. Pada pembiasan pertama berkas sinar datang dibiaskan mendekati normal, sedangkan pada pembiasan kedua berkas sinar dibiaskan menjauhi normal. Hal ini terjadi karena indeks bias prisma lebih besar dari indeks bias udara atau  $n_2 > n_1$



**Gambar 18.9 Pembiasan Cahaya**  
Pembiasan pada (a) Balok kaca; (b) Berkas cahaya masuk menembus balok kaca melewati pembiasan dua kali (Serway,2004)

### Pembiasan pada Prisma

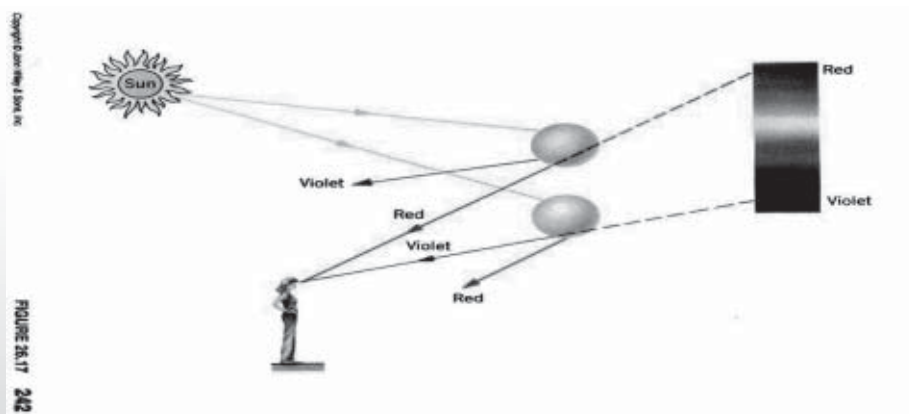
Seperti balok kaca, prisma juga merupakan benda bening yang terbuat dari kaca. Bentuknya bermacam-macam, kegunaannya antara lain untuk mengarahkan berkas sinar, mengubah dan membalik letak bayangan serta menguraikan cahaya putih menjadi warna spektrum (warna pelangi) seperti pada Gambar 18.10.



**Gambar 18.10. Pembiasan pada Prisma dalam Gambar Dua Dimensi (Serway,2004)**

### Dispersi Cahaya

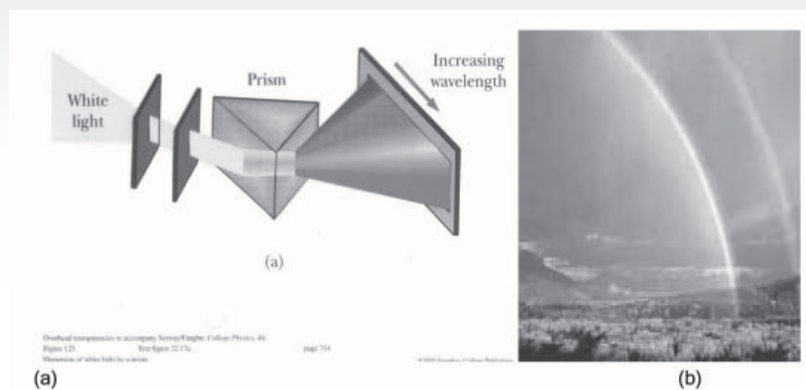
Contoh terjadinya dispersi cahaya adalah pelangi. Pelangi diciptakan melalui kombinasi pembiasan dan pemantulan pada tetes-tetes air hujan. Pada saat melihat pelangi, Anda melihat warna ungu di bagian dalam, dan merah di bagian luar. Bagaimana pelangi terbentuk dan mengapa warna-warna cahaya terpisah dapat dicermati pada Gambar 18.11.



**Gambar 18.11 Dispersi Cahaya Matahari**  
**Dispersi cahaya matahari oleh tetes air hujan membentuk warna-warna (Serway,2004)**

Sinar matahari dan hujan secara bersamaan diperlukan untuk menghasilkan pelangi. Tetes-tetes air dari pipa air atau alat penyiram juga dapat digunakan. Setiap tetes air memisahkan sinar matahari menjadi spektrum, yakni ungu

pada bagian dalam lengkungan kemudian biru, hijau, kuning, dan di sebelah luar merah. Peristiwa ini dapat dijelaskan seperti apa yang terjadi bila cahaya putih melalui sebuah prisma segitiga. Prisma akan membiaskan cahaya dua kali. Pertama, pada saat cahaya masuk ke dalam prisma, dan kedua pada saat meninggalkan prisma, yaitu saat menuju ke udara kembali. Oleh karena cahaya dengan panjang gelombang lebih pendek dibiaskan lebih besar daripada cahaya dengan panjang gelombang lebih panjang, warna ungu akan dibelokkan paling besar. Sebaliknya warna merah dibelokkan paling kecil. Hasil kekuatan pembiasan yang berbeda-beda inilah menyebabkan warna-warna yang berbeda-beda seperti terlihat pada Gambar 18.12.

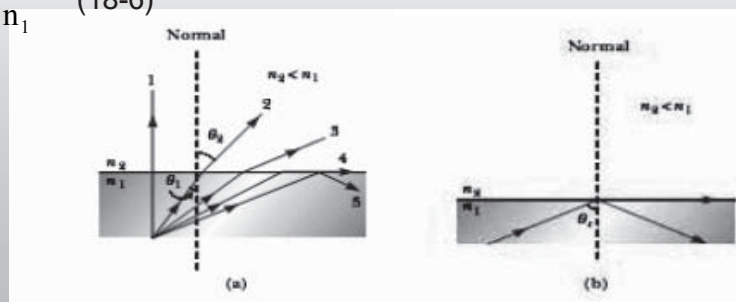


**Gambar 18.12 Uraian Cahaya Putih oleh Prisma dan Tetes Air Hujan**  
**Gambar hasil peruraian cahaya putih oleh (a) prisma dan (b) tetes air hujan dalam pelangi (Serway,2004)**

### Pemantulan Total

Syarat terjadinya pemantulan sempurna pada bidang batas antara dua medium adalah sinar harus datang dari medium yang lebih rapat ke medium yang kurang rapat. Sudut datang lebih besar daripada sudut kritis atau sudut batas. Sudut kritis ( $i_k$ ) adalah sudut datang dari suatu medium yang menghasilkan sudut bias sebesar  $90^\circ$ . Dari persamaan Snellius dapat dituliskan persamaan sudut kritis :

$$\sin I_k = \frac{n_2}{n_1} \quad (18-6)$$



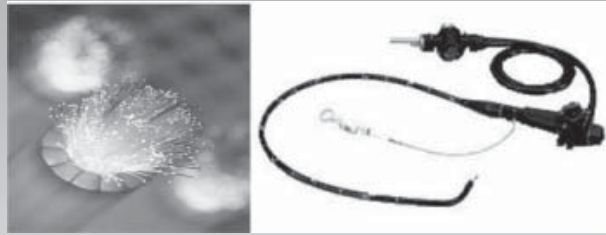
**Gambar 18.13 Pantulan Sempurna (Serway,2004)**

Pada Gambar 18.13. (a) sinar datang dari medium dengan indeks bias  $n_1$  ke medium dengan indeks bias  $n_2$ , dimana  $n_2 < n_1$ . Jika sudut datang  $\theta_1$  meningkat, sudut bias juga meningkat sampai mencapai  $90^\circ$  (sinar 4). Untuk sudut datang  $> \theta_c$  akan terjadi pemantulan total (sinar 5); (b) Sudut datang menghasilkan sudut bias sama dengan  $90^\circ$  (sudut kritis,  $\theta_c$  atau  $i_k$ ). Pada sudut kritis ini semua sinar dipantulkan. Besar sudut kritis untuk setiap bahan akan berbeda-beda karena indeks bias mereka yang berbeda-beda. Misal sudut kritis untuk intan adalah  $24,6^\circ$ . Artinya bila sinar datang dari intan menuju udara dengan sudut datang lebih besar dari  $24,6^\circ$ , sinar-sinar tersebut akan dipantulkan kembali ke intan. Oleh karena itu, intan dibentuk sedemikian sehingga hampir semua sinar datang ke permukaannya membentuk sudut yang lebih besar dari  $24,6^\circ$  sehingga sinar yang datang ke intan setelah masuk ke permukaan dalamnya akan dipantulkan sempurna. Akibatnya, intan tampak berkilauan.



**Gambar 18.14 Intan Berkilauan Akibat Pemantulan Sempurna**  
([e-dukasi.net/pustekom](http://e-dukasi.net/pustekom) Diknas,2005)

Penerapan pemantulan total terjadi pada alat optik antara lain periskop, teleskop, mikroskop, dan teropong binokuler. Dewasa ini dikembangkan pemakaian serat optik. Serat optik adalah pipa kecil dan panjang terbuat dari plastik atau kaca yang digunakan untuk penyalur cahaya. Serat optik terdiri atas inti serat yang terbuat dari kaca berkualitas dan berindeks bias tinggi yang dibungkus oleh lapisan tipis kaca yang indeks biasnya lebih rendah serta bagian luar serat yang terbuat dari plastik atau bahan lain untuk melindungi inti serat. Cahaya dapat melewati serat optik dari ujung yang satu ke ujung yang lain meskipun serat optik itu dibengkokkan (Gambar 18.15.a). Endoskop (Gambar 18.15.b) dibuat dengan memanfaatkan serat optik. Dengan bantuan endoskop para dokter dapat melihat bagian dalam tubuh manusia (misalnya lambung) dan bahkan memotretnya. Dalam teknologi komunikasi, serat optik digunakan untuk mengirim sinyal-sinyal komunikasi.

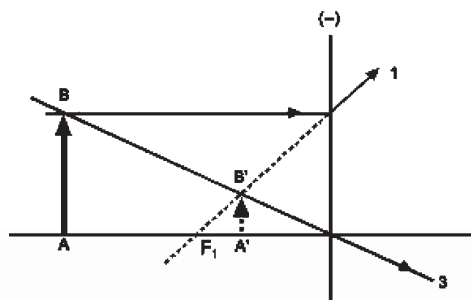


**Gambar 18.15 Serat Optik dan Endoskop**  
 (a) Serat optik; (b) Endoskop: alat untuk melihat bagian dalam tubuh manusia  
 (Serway,2004)

### C. Pembiasan pada Lensa Cekung

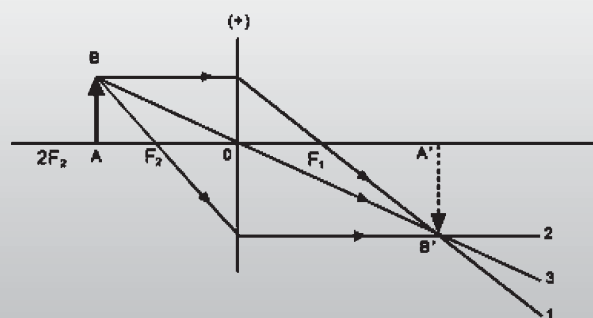
#### Sinar-sinar Istimewa pada Lensa Cekung

1. Sinar-sinar yang datang sejajar dengan sumbu utama akan dibiaskan oleh lensa cekung seolah-olah berasal dari titik fokus utama  $F_1$ .
2. Sinar-sinar yang menuju titik fokus utama  $F_2$  dibiaskan oleh lensa cekung sejajar sumbu utama.
3. Sinar yang melewati pusat lensa (vertex) tidak akan dibiaskan, tetapi diteruskan tanpa mengalami pembiasan.



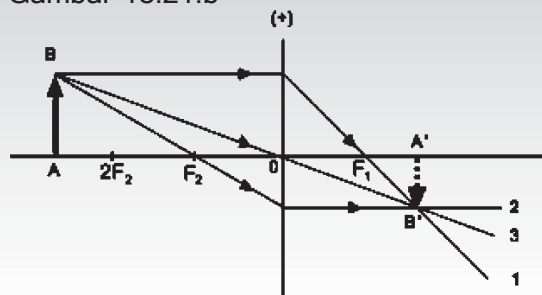
**Gambar 18.23 Bayangan Benda**  
 Sifat bayangan dari suatu benda sejati di depan lensa cekung (negatif) selalu maya, tegak diperkecil

#### Pembentukan Bayangan oleh Lensa Cembung



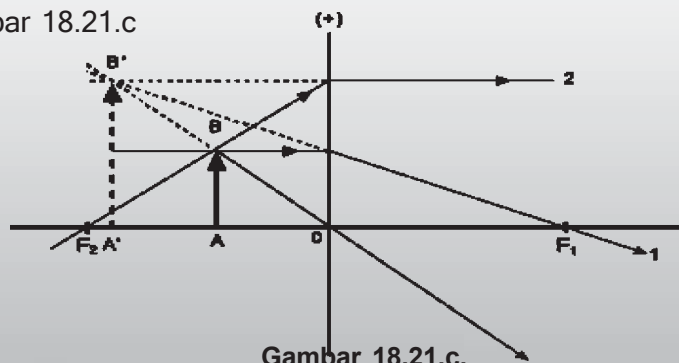
**Gambar 18.21.a Pembentukan Bayangan pada Lensa Positif untuk Benda yang Diletakkan antara  $F_2$  dan  $2 F_2$ .**

Pada Gambar 18.21.a bayangan benda yang terbentuk sebagai hasil pembiasan pada lensa yang dilukis menggunakan tiga sinar istimewa dengan posisi terbalik dari posisi bendanya. Benda berada di sebelah kiri atau di depan lensa, sedangkan bayangannya berada di sebelah kanan atau di belakang lensa. Pembentukan bayangan oleh lensa positif untuk benda yang diletakkan pada jarak lebih besar dari jarak antara pusat optik ke titik  $2F_2$  ditunjukkan oleh Gambar 18.21.b



**Gambar 18.21.b Bayangan Benda pada Lensa Positif**  
**Pembentukan bayangan oleh lensa positif untuk benda yang diletakkan pada jarak lebih besar dari jarak antara pusat optik ke titik  $2F_2$**

Pada Gambar 18.21.b kesamaan dengan Gambar 18.21.a adalah (1) bayangan kedua benda terbentuk sebagai hasil pembiasan pada lensa yang dilukis menggunakan tiga sinar istimewa, (2) bayangan yang terbentuk posisinya terbalik dari posisi bendanya. Benda pada kedua gambar tampak di sebelah kiri atau di depan lensa, sedangkan bayangannya ada di sebelah kanan atau di belakang lensa. Sementara perbedaan kedua gambar adalah sebagai berikut. Pada Gambar 18.21.a benda diletakkan pada jarak antara titik  $F_2$  dan  $2F_2$ , sedangkan pada Gambar 18.21.b benda diletakkan pada jarak yang lebih besar dari jarak antara pusat optik ke titik  $2F_2$ . Bayangan yang terbentuk pada Gambar 18.21.a berukuran lebih besar daripada bendanya, sedangkan bayangan yang terbentuk pada Gambar 18.21.b ukurannya lebih kecil daripada ukuran bendanya. Pembentukan bayangan pada lensa positif bila benda diletakkan antara pusat optik  $O$  dan fokus utama  $F_2$  dapat dilihat pada Gambar 18.21.c



**Gambar 18.21.c.**  
**Pembentukan bayangan pada lensa positif bila benda diletakkan antara pusat optik  $O$  dan fokus utama  $F_2$ .**

Pada Gambar 21.21.c tampak bayangan A'B' yang terbentuk ada di depan lensa, tidak di belakang lensa seperti pada Gambar 18.21 a dan 18.21.b dan bayangan tampak tegak (tidak terbalik) serta lebih besar dari ukuran bendanya. Cara melukis bayangannya secara prinsip adalah sama, yakni menggunakan tiga sinar istimewa. Untuk mendapatkan bayangan benda A'B', garis-garis yang merupakan sinar-sinar bias dari tiga sinar istimewa tersebut harus diperpanjang ke belakang (garis putus-putus). Perpotongan tiga garis putus-putus itulah yang merupakan titik bayangan B'. selanjutnya sama seperti gambar-gambar terdahulu bayangan A'B' dilukis dengan menarik garis A'B'. Lensa cembung dapat menghasilkan berbagai jenis bayangan bergantung pada posisi benda dan panjang fokus lensa

Berkaitan dengan pembentukan bayangan pada lensa, tabel 1 di bawah memuat berbagai kemungkinan posisi benda dan posisi bayangan serta sifat bayangan tersebut. Anda dapat memeriksa kebenaran tabel tersebut dengan mencoba melukis sendiri bayangan benda pada posisi-posisi benda sesuai dengan data pada tabel tersebut.

Jenis lensa	Jarak benda (s)	Sifat bayangan
Positif	Antara pusat optik dan fokus utama (F)	Maya, tegak, diperbesar
Positif	Tepat di fokus utama	Bayangan di jauh tak terhingga
Positif	Antara F dan 2F	Nyata, terbalik, diperbesar
Positif	Tepat di 2F	Nyata, terbalik, sama besar
Positif	Antara 2F dan jauh tak terhingga	Nyata, terbalik, diperkecil
Positif	Di jauh tak terhingga	Nyata, terbalik, diperkecil
Negatif	Antara pusat optik dan jauh tak terhingga	Maya, tegak, diperkecil

## Rumus Kekuatan Lensa

Rumus kekuatan lensa (berbanding terbalik dengan jarak titik fokus) adalah :

$$P = \frac{1}{f} \quad (18-10)$$

f dalam satuan m, dan P dalam satuan dioptri. Rumus tersebut hanya berlaku bila satuan f dinyatakan dalam m.

## Menentukan Bayangan Lensa Gabungan (Lensa Cembung & Cekung )

Bayangan suatu objek yang dibentuk oleh suatu lensa cembung dan cekung dapat diperoleh dengan bantuan rumus lensa tipis.

$$\boxed{\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}} \quad (18-11)$$

$s$  = jarak obyek ;  $s'$  = jarak bayangan;  $f$  = jarak titik fokus (selalu bernilai positif untuk lensa cembung dan selalu bernilai negatif untuk lensa cekung). Sementara perbesaran ( $m$ ) dari bayangan diperoleh dengan rumus :

$$\boxed{m = - \frac{s'}{s}} \quad (18-12).$$

Rumus-rumus di atas hanya berlaku untuk lensa tipis dan sinar-sinar parallax. Untuk menentukan apakah  $s$  dan  $s'$  bernilai positif atau negatif coba lihat aturan lensa.  $s'$  dapat bernilai positif atau negatif.  $s'$  positif artinya bayangan adalah nyata, sementara negatif artinya bayangan adalah maya. Perbesaran ( $m$ ) dapat bernilai positif atau negatif.  $m$  bernilai positif bila bayangan tegak dan negatif bila bayangan terbalik. Dalam kenyataannya bila bayangan nyata ditangkap dengan layar, bayangan yang terbentuk tidak hanya pada posisi  $s'$  seperti yang tertuang pada rumus lensa tipis di atas, tetapi pada posisi di mana saja. Akan tetapi, bayangan pada posisi selain  $s'$  adalah bayangan yang kabur (tidak fokus). Bayangan paling tajam hanya terjadi pada posisi  $s'$ .

## Latihan

### Pertanyaan Pemahaman Konsep

Jelaskan konsep-konsep berikut, masing-masing dalam beberapa kalimat.

1. Pembiasan cahaya
2. Hukum Snellius
3. Indeks bias mutlak
4. Indeks bias relatif
5. Sudut kritis
6. Pemantulan sempurna
7. Lensa cembung
8. Lensa cekung
9. Kuat lensa



## Rangkuman

1. Pembiasan cahaya adalah peristiwa pembelokan cahaya ketika berkas cahaya melewati bidang batas dua medium yang berbeda indeks biasnya. Indeks bias mutlak suatu bahan adalah perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya di bahan tersebut. Indeks bias relatif merupakan perbandingan indeks bias dua medium berbeda. Indeks bias relatif medium kedua terhadap medium pertama adalah perbandingan indeks bias antara medium kedua dengan indeks bias medium pertama. Pembiasan cahaya menyebabkan kedalaman semu dan pemantulan sempurna.
2. Pada pembiasan cahaya, jika cahaya datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat, dibelokkan mendekati garis normal, sebaliknya jika cahaya datang dari medium lebih rapat ke medium kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal. Warna-warna pelangi terjadi karena cahaya matahari diuraikan oleh tetesan - tetesan air hujan.
3. Pada balok kaca, prisma dan lensa, berkas cahaya mengalami dua kali pembiasan. Pembiasan menyebabkan berkas sinar yang masuk pada balok kaca mengalami pergeseran saat keluar dari balok kaca tersebut. Pembiasan pada permukaan lengkung menyebabkan bayangan tampak lebih besar atau lebih kecil dari yang sesungguhnya. Lensa tipis merupakan salah satu bentuk permukaan lengkung yang memiliki dua bidang batas dengan ketebalan yang diabaikan.
4. Lensa tipis dibedakan berdasarkan kemampuannya mengumpulkan atau menyebarkan berkas sinar yang melewatinya sehingga dikenal adanya lensa positif (lensa cembung atau lensa konvergen) dan lensa negatif (lensa cekung atau lensa divergen). Bayangan sebuah benda di depan lensa dapat bersifat nyata atau maya, tegak atau terbalik, diperbesar atau diperkecil bergantung posisi benda dan jenis lensanya. Lensa cembung membentuk bayangan nyata atau maya tergantung pada jarak benda ke lensa. Lensa cekung selalu membentuk bayangan maya. Lensa cekung menyebarkan sinar, lensa cembung mengumpulkan sinar.

## Lembar PowerPoint 18.3



### PEMBIASAN CAHAYA

#### Pertanyaan

- Mengapa kolam yang terisi air terlihat lebih dangkal?



2

#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep pembiasan cahaya, sifat cahaya, dan aplikasinya dalam kehidupan

3

#### INDIKATOR

- menjelaskan konsep pembiasan cahaya,
- mendeskripsikan kaitan antara pembiasan dengan indek bias,
- menerapkan sifat pembiasan cahaya,
- mendeskripsikan sifat pembiasan cahaya pada lensa cekung, dan
- menjelaskan sifat pembiasan cahaya pada cembung,

4

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Eksperimen
- Presentasi
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Penguatan
- Kerja Mandiri
- Refleksi

5

#### Eksperimen

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi beberapa kelompok.
- Tiap-tiap kelompok memanfaatkan LK 18.1 sebagai panduan

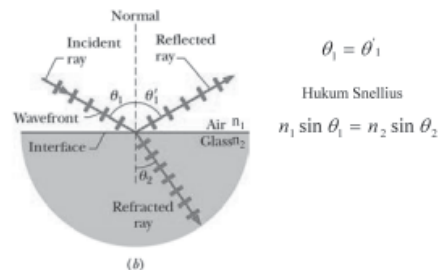
6

## Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil eksperimennya
- Kelompok lain menanggapi

7

## Pemantulan dan Pembiasan



### Pembiasan Cahaya

#### a. Indeks Bias

$$n = \frac{c}{c_n}$$

$n$  = indeks bias suatu medium  
 $c$  = kecepatan cahaya di udara  
 $c_n$  = kecepatan cahaya dlm medium

#### b. Hukum Pembiasan Cahaya

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n'}{n}$$

$i$  = sudut datang  
 $r$  = sudut bias  
 $n$  = indeks bias medium 1  
 $n'$  = indeks bias medium 2

### Pembiasan pada Lensa Cembung

#### Sinar-sinar Istimewa pada Lensa Cembung :

- Sinar sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus.
- Sinar melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.
- Sinar datang melalui titik pusat optik tidak dibiaskan.

#### Sifat Bayangan :

- Bila benda di ruang I, maka Bayangan maya (di depan lensa), tegak, diperbesar
- Bila benda di ruang II, maka Bayangan nyata (dibelakang lensa), terbalik, diperbesar
- Bila benda di ruang III, maka Bayangan nyata, terbalik, diperkecil

### Pembiasan pada Lensa Cekung

#### Sinar-sinar Istimewa pada Lensa Cekung :

- Sinar sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus.
- Sinar datang seolah-olah menuju titik fokus dibiaskan sejajar sumbu utama.
- Sinar datang melalui pusat optik tidak dibiaskan.

#### Sifat Bayangan :

Maya, tegak, diperkecil.

### Perhitungan Pembentukan Bayangan

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = (n' - n) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

#### Contoh :

Sebuah lensa cembung-cembung mempunyai jari2 kelengkungan 15 cm dan 10 cm, dengan indeks bias 1,5. Bila lensa itu berada di udara yang mempunyai indeks bias 1, tentukan jarak fokus lensa tsb.

**Lensa Gabungan**

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

**Kekuatan Lensa (P)**

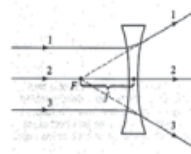
$$P = \frac{1}{f}$$

**Contoh :**

Sebuah lensa cekung-cekung mempunyai jarak fokus 50 cm, tentukan kekuatan lensa.

**PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA LENS**

• **LENSA CEKUNG (BI-KONKAF)**



Sinar datang paralel dibiaskan menjauhi titik fokus dan seolah-olah berasal dari titik fokus lensa (F)

Jarak antara titik fokus ke pusat lensa disebut panjang fokus (f)

Lensa yang kuat memiliki f yang kecil

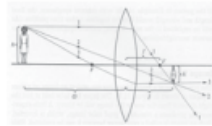
Kekuatan Lensa:  $S = 1/f$

Panjang fokus dan kekuatan lensa cekung bernilai negatif

**PEMBENTUKAN BAYANGAN**



Lensa cembung dapat digunakan untuk memproyeksikan bayangan nyata



Pada Lensa Cembung, bayangan nyata terbentuk pada titik pertemuan semua berkas sinar yang melewati lensa

**Tanya Jawab**

- Silakan menanyakan hal-hal yang belum jelas tentang pembiasan

16

**Kerja Mandiri**

- Kerjakan soal-soal yang terdapat pada lembar penilaian 18.4

17

**Refleksi**

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

18

## Lembar Penilaian 18.4



### Tes Tulis

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini secara singkat.

1. Jelaskan yang dimaksud dengan peristiwa pembiasan cahaya. Berikan beberapa contohnya!
2. Jelaskan kaitan antara peristiwa pembiasan cahaya dengan indeks bias benda!
3. Kolam renang yang terisi air akan kelihatan lebih dangkal. Bagaimanakah hal ini dapat dijelaskan dengan konsep pembiasan cahaya?
4. Sebuah lensa konvergen memiliki jarak fokus 15 cm. Tentukan letak dan sifat bayangan, serta lukisan pembentukan bayangan, jika suatu benda diletakkan di depan lensa pada jarak: (a) 60 cm (b) 30 cm (c) 18 cm (d) 10 cm!
5. Jika sebuah benda diletakkan 18 cm di depan lensa, ternyata terbentuk bayangan pada layar di belakang lensa sejauh 32 cm. Tentukan jarak fokus dan jenis lensa tersebut!
6. Sebuah lensa berjarak fokus 24 cm membentuk bayangan maya yang tingginya sepertiga tinggi benda. Tentukan letak benda dan jenis lensa yang digunakan!
7. Sebuah lensa plan-konveks memiliki jari-jari lengkung 30 cm terbuat dari bahan yang indeks biasnya 1,5. Tentukan jarak fokus!
8. Apakah jarak fokus dan kekuatan lensa selalu tetap apabila lensa berada dalam medium yang berbeda indeks biasnya?, Berikan penjelasan Anda!

## Daftar Pustaka

- Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications*. 5<sup>th</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall
- Kane, J.W., Sternheim, M.M. 1988. *Physics*. 3rd Ed. New York: John Wiley & Sons.
- Modul Fisika (Online: [http://www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php/pebiasan\\_cahaya/Pustekkom Diknas/1805](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php/pebiasan_cahaya/Pustekkom_Diknas/1805), diakses :tanggal 2 Desember 2007)
- Modul Fisika (Online: [http://www.edukasi.net/mp\\_185Lensa/](http://www.edukasi.net/mp_185Lensa/) Pustekkom, Diknas, 1807 diakses :tanggal 2 Desember 2007)
- Modul General Physics (Online: <http://www.nvcc.edu/phy232/lectures.html>, diakses pada 24 Maret 2008).
- Sears, F.W. 1949. *Optics* (3rd ed.). Reading-Massachusetts : Addison-Wesley
- Serway, J. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/Cole
- Suryanti, dkk. 2003. *Konsep dasar IPA-Fisika SD untuk Program Studi D2 PGSD*. Surabaya: UNESA University Press
- Young, H.D., Freedman, R.A. 1996. *University Physics*. Ninth Ed. Massachusetts: Addison-Wesley.

## Paket 19

# INTERFERENSI, DIFRAKSI DAN POLARISASI CAHAYA

## Pendahuluan



Perkuliahan pada paket 19 ini difokuskan pada pembahasan tentang difraksi, interferensi, dan polarisasi cahaya. Pembahasan sifat-sifat cahaya ini merupakan kelanjutan dari pembahasan materi pemantulan dan pembiasan cahaya yang telah dibahas pada pertemuan-pertemuan sebelumnya.

Perkuliahan dimulai dengan pengamatan gambar dan tanya jawab tentang difraksi, interferensi dan polarisasi cahaya. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan diskusi kelompok untuk membangun konsep difraksi dan interferensi. Setelah mencermati presentasi dosen memberikan penguatan tentang konsep difraksi dan interferensi. Berikutnya mahasiswa akan bercurah pendapat tentang polarisasi cahaya. Pada akhir perkuliahan dosen memberikan penguatan, meminta mahasiswa-mahasiswi berefleksi dan memberikan tugas mengerjakan lembar penilaian 19.4.

Dalam perkuliahan ini sebaiknya dosen memberikan bantuan kepada mahasiswa ketika berdiskusi dalam kelompok-kelompok. Dosen juga perlu menyiapkan LCD proyektor dan laptop agar perkuliahan berjalan lebih lancar.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menerapkan konsep difraksi, interferensi dan polarisasi cahaya..

### Indikator

Mahasiswa dan mahasiswi mampu:

1. menjelaskan interferensi cahaya,
2. menjelaskan difraksi cahaya,
3. menjelaskan polarisasi cahaya, dan
4. memecahkan masalah interferensi, difraksi dan polarisasi cahaya.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Interferensi cahaya
2. Difraksi cahaya
3. Polarisasi cahaya

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 19.1
2. Lembar Uraian Materi 19.2
3. Lembar *PowerPoint* 19.3
4. Lembar penilaian 19.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)



## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen menampilkan gambar interferometer, perangkat yang menggunakan sifat interferensi. Berikan contoh interferensi gelombang dalam kehidupan sehari-hari! Dapatkah gelombang cahaya mengalami interferensi?	Pengamatan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint 19.3</i>
5'	2. Mahasiswa-mahasiswi menyampaikan pendapatnya	Curah	
3'	3. Dosen menyampaikan kompetensi dasar dan indikator yang akan dicapai dalam perkuliahan, pentingnya perkuliahan dan rencana kegiatan perkuliahan	Pendapat Ceramah	<i>Slide PowerPoint 19.3</i>
	<b>Kegiatan Inti</b>		
20'	1. Mahasiswa-mahasiswi berdiskusi dalam kelompoknya dan bekerja sesuai dengan LK 19.1	Diskusi Kelompok	LK 19.1 Uraian Materi 19.2
10'	2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi	Presentasi	
10'	3. Dosen memberikan penguatan tentang interferensi dan difraksi cahaya serta memberikan kesempatan mahasiswa untuk bertanya.	Ceramah dan tanya jawab	<i>Slide PowerPoint 19.3</i>
10'	4. Mahasiswa-mahasiswi berlatih mengerjakan soal-soal interferensi dan difraksi	Kerja mandiri	Uraian Materi 19.2
5'	5. Mahasiswa secara individual memikirkan tentang polarisasi cahaya	Kerja Individu	
15'	6. Mahasiswa menyampaikan pendapatnya tentang polarisasi cahaya	Curah Pendapat	

1	2	3	4
10'	7. Dosen memberikan penguatan tentang polarisasi cahaya	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 19.3
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen dan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang jalannya perkuliahan	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 19.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen, menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan lembar penilaian 19.4 di rumah dan mengingatkan mereka materi perkuliahan minggu depan	Ceramah / penjelasan	

## Lembar Kegiatan 19.1



# INTERFERENSI DAN DIFRAKSI

### Pengantar

Interferensi dan difraksi cahaya merupakan fenomena fisik yang penting dalam mempelajari sifat-sifat cahaya. Gejala interferensi juga dapat dimanfaatkan untuk teknik pengukuran yang sangat teliti. Namun demikian, fenomena interferensi jarang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Mengapa demikian? Dalam kegiatan ini mahasiswa-mahasiswi akan mendiskusikan fenomena interferensi dan difraksi cahaya.

### Tujuan

Menjelaskan interferensi cahaya  
Menjelaskan difraksi cahaya.

### Alat dan Bahan

Uraian materi 19.2  
Kertas plano

### Langkah Kegiatan

1. Cermati uraian materi 19.2 khususnya untuk materi interferensi dan difraksi cahaya!
2. Diskusikan apa yang dimaksud dengan interferensi cahaya dan prinsip-prinsipnya!
3. Jelaskan mengapa peristiwa interferensi cahaya sulit ditemui dalam kehidupan sehari-hari?
4. Jelaskan rancangan interferensi cahaya yang dikembangkan oleh Young!
5. Jelaskan rumusan matematis pendekatan untuk menentukan panjang gelombang dengan menggunakan celah ganda!
6. Jelaskan peristiwa difraksi berdasarkan prinsip interferensi cahaya!
7. Tuliskan secara kreatif hasil kerja kalian di kertas plano!

## Uraian Materi 19.2



# INTERFERENSI, DIFRAKSI DAN POLARISASI CAHAYA

### A. Interferensi Cahaya

Perpaduan atau interferensi dua buah gelombang mekanik telah kita pelajari pada paket sebelumnya. Fenomena interferensi pada gelombang mekanik juga sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Bagaimanakah dengan perpaduan atau interferensi pada cahaya?



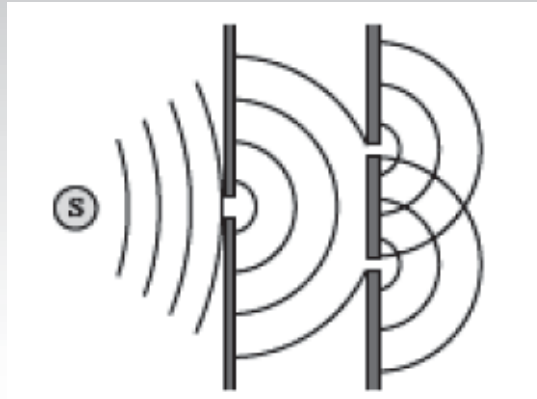
Gambar 19.1 Interferensi pada gelombang mekanik

Meskipun interferensi merupakan salah satu sifat yang dimiliki semua gelombang, namun pada masa Newton dan Huygens, para ilmuwan tidak menemukan gejala interferensi yang cukup signifikan. Setelah dilakukan beberapa pengamatan akhirnya gejala interferensi pada cahaya dapat juga di temukan. Permasalahannya, interferensi cahaya hanya dapat terjadi jika cahaya memiliki sifat koheren yakni memiliki frekuensi dan fase yang sama. Dalam kehidupan sehari-hari amat sulit menemukan sumber cahaya yang koheren, karena sumber cahaya yang berasal dari bola lampu (Gambar 19.2) dan matahari terbentuk dari ledakan-ledakan yang sifatnya sporadis atau tidak beraturan. Akibatnya cahaya yang timbul juga memiliki frekuensi dan beda fase yang tidak sama.

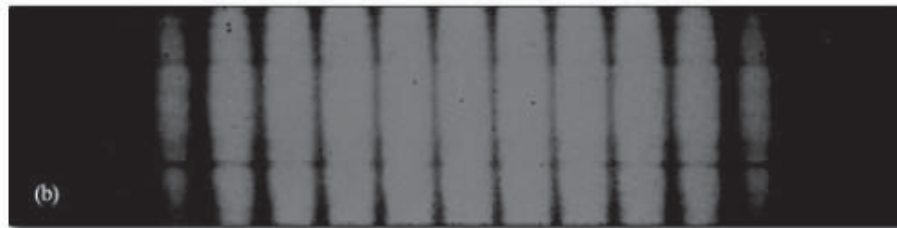


Gambar 19.2 Cahaya dari bola lampu bersifat tidak koheren

Untuk menghasilkan sumber cahaya koheren, dilakukan berbagai percobaan. Diantaranya Thomas Young menggunakan dua buah celah sempit sebagai dua sumber cahaya yang baru. Gambar 19.3 menunjukkan rancangan Young dalam menemukan peristiwa interferensi cahaya sedangkan Gambar 19.4 menunjukkan contoh pola hasil interferensi cahaya.

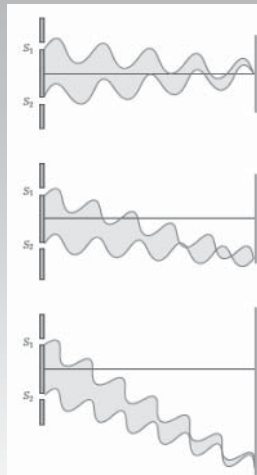


**Gambar 19.3 Rancangan eksperimen interferensi Thomas Young**



**Gambar 19.4 Pola interferensi cahaya**

Percobaan yang dilakukan Young sebagaimana dijelaskan di atas, dikenal dengan eksperimen celah ganda Young. Young menggunakan cahaya monokromatik yang dilewatkan pada sebuah celah sempit. Berdasarkan prinsip Huygens, celah sempit tersebut dapat dianggap sebagai sumber cahaya tunggal. Selanjutnya, cahaya akan melalui rintangan yang memiliki dua buah celah sempit yang jaraknya amat berdekatan. Cahaya yang keluar dari kedua celah sempit ini mendekati cahaya koheren dan berinterferensi sehingga menghasilkan pola gelap dan terang di layar (Gambar 19.4). Proses terjadinya pola gelap dan terang itu dapat digambarkan sebagaimana Gambar 19.5. Saat ini, dengan diketemukannya laser, percobaan interferensi cahaya dapat dilakukan dengan mudah.



**Gambar 19.5** Terjadinya pola gelap dan terang

Secara matematis, dapat dituliskan bahwa pola terang terjadi jika selisih antara kedua cahaya adalah bilangan cacah dikalikan dengan panjang gelombang.

$$n\lambda = d \sin \theta$$

$n = 0, 1, 2, 3, \dots$

$\lambda =$  panjang gelombang (m)

$$n\lambda = d \frac{\Delta y}{x}$$

$\theta =$  sudut antara arah gelombang dan garis datar

Untuk nilai  $\theta$  yang kecil dapat dilakukan pendekatan yaitu:

$$\sin \theta = \tan \theta$$

Sehingga persamaan pendekatan dapat dituliskan juga sebagai berikut.

$\Delta y =$  jarak antara terang yang berdekatan (m)

$x =$  Jarak antara celah dengan layar (m)

Dengan rumus pendekatan ini (hanya berlaku jika  $\theta$  kecil), kita dapat menentukan panjang gelombang cahaya yang digunakan jika jarak antar celah, jarak celah dengan layar, dan jarak antar pola terang diukur.

Contoh:

Dalam sebuah percobaan yang menggunakan celah sempit berjarak 0,05 mm, jarak antara dua terang pertama berdekatan adalah 5 mm, dan jarak antara celah dengan layar adalah 1,5 m. Berapakah jarak panjang gelombang cahaya yang digunakan dalam percobaan tersebut?

Jawab

Diketahui

$$n = 1$$

$$\Delta y = 5 \text{ mm}$$

$$x = 1,5 \text{ mm}$$

Ditanyakan  $\lambda$  ?

$$n\lambda = d \frac{\Delta y}{x}$$

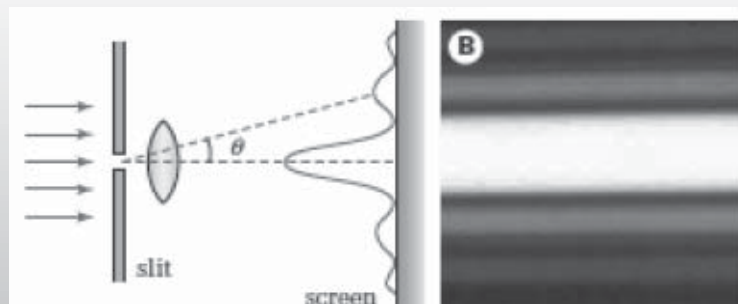
$$1\lambda = 0,05 \text{ mm} \frac{5 \text{ mm}}{1500 \text{ mm}} = 1,67 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

Jadi panjang gelombang (pendekatan) dari percobaan tersebut adalah

$$\lambda = 1,67 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

## B. Difraksi Cahaya.

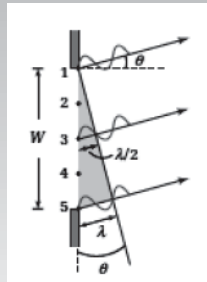
Difraksi mengarah pada penyebaran atau pembelokan cahaya jika mengenai celah yang sempit. Difraksi ditemukan pada tahun 1810-1820 jauh setelah penemuan interferensi cahaya. Namun penemuan ini menegaskan bahwa cahaya memiliki sifat sebagaimana gelombang-gelombang yang lain. Gambar 19.6 menunjukkan salah satu contoh pola difraksi cahaya akibat adanya celah yang sempit. Pola gelap terang yang terjadi menunjukkan adanya interferensi gelombang cahaya dari sinar-sinar cahaya yang didifraksikan.



Gambar 19.6 Difraksi Celah Tunggal

Celah sempit kita bagi menjadi dua bagian yang sama. Menurut Huygens setiap titik pada celah dapat dianggap sebagai sumber cahaya yang baru

(Gambar 19.7). Sumber cahaya ini akan berinterferensi satu dengan yang lain sehingga menghasilkan pola gelap terang.



**Gambar 19.7 Perbedaan antar sumber gelombang**

Secara matematis peristiwa gelap ke  $m$  dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\sin \theta = \frac{m \lambda}{W}$$

$m = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$W$  = Lebar celah (m)

$\theta$  = sudut antara sinar cahaya dan garis mendatar

Untuk nilai  $\theta$  yang kecil persamaan untuk gelap ke  $m$  dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_m = \frac{m \lambda L}{W}$$

$y_m$  = jarak antara gelap ke  $m$  dengan pusat frinji (m)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$L$  = Jarak celah terhadap layar (m)

$W$  = Lebar celah (m)

$m = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

**Contoh**

Cahaya dengan panjang gelombang 750 nm melalui celah yang besarnya 0,001 mm. Berapakah jarak gelap pertama dari terang pusat jika jarak antara celah dengan layar adalah 20 cm?

Jawab

Diketahui

$\lambda = 750 \text{ nm}$

$W = 0,001 \text{ mm}$

$L = 20 \text{ cm}$

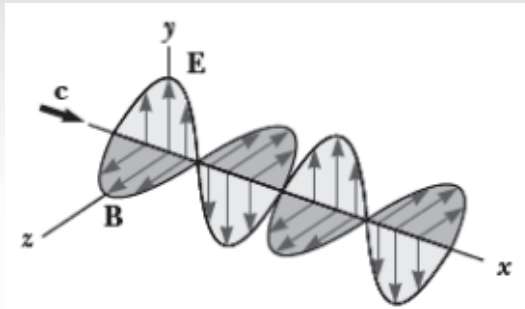
$m = 1$

Ditanyakan  $y_m$ ?

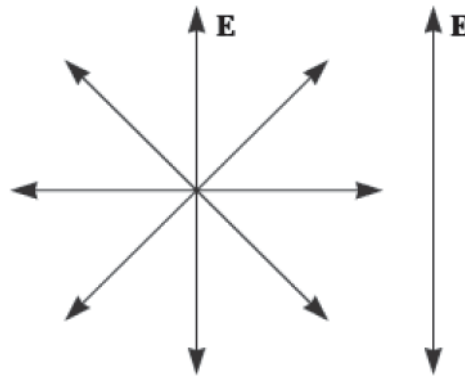


### C. Polarisasi Cahaya

Salah satu sifat penting dari gelombang cahaya adalah sifat polarisasi. Ketika cahaya lampu atau cahaya matahari merambat, arah getar cahaya adalah pada sembarang bidang yang tegak lurus dengan arah rambat cahaya (Gambar 19.8). Jika cahaya lampu atau matahari ini melewati suatu bahan yang disebut tourmaline, maka arah getar cahaya keluarannya hanya pada satu bidang saja (Gambar 19.9). Fenomena yang hanya terjadi pada gelombang transversal ini disebut dengan polarisasi cahaya.

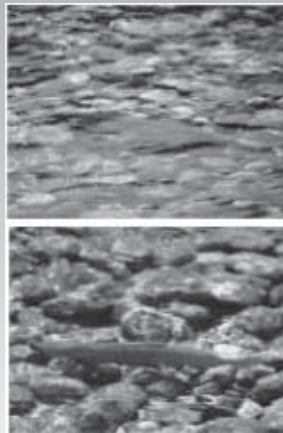


Gambar 19.8 Arah getaran gelombang cahaya



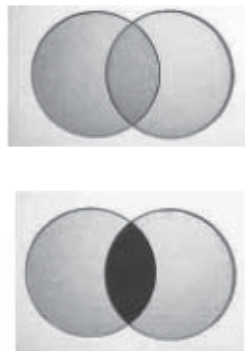
Gambar 19.9 Arah getar gelombang yang belum terpolarisasi dan setelah terpolarisasi

Dalam kehidupan sehari-hari, bahan tourmaline kita kenal sebagai plat polaroid. Plat polaroid tersusun atas molekul kompleks yang panjang dan tersusun paralel satu dengan lainnya. Polaroid berlaku seolah-olah sebagai sebuah celah sempit yang memungkinkan satu arah getar diloloskan dan arah getar yang lain diserap secara sempurna. Gambar 19.10 menunjukkan contoh penggunaan polaroid pada kehidupan sehari-hari.



**Gambar 19.10 Perbedaan menggunakan polaroid (bawah) dan tidak menggunakan (atas)**

Jika terdapat dua buah plat polaroid, plat pertama yang dilalui cahaya dapat disebut sebagai polarisator dan yang kedua adalah analisator. Analisator berfungsi untuk mengetahui apakah suatu berkas cahaya telah terpolarisasi ataukah belum. Jika analisator diputar-putar, maka akan terjadi perubahan intensitas cahaya yang menembus analisator sebagaimana Gambar 19.10.



**Gambar 19.10 Intensitas cahaya yang melalui analisator**

Hubungan antara intensitas awal dan intensitas yang keluar dari analisator dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- $I$  : Intensitas cahaya datang
- $I_0$  : Intensitas yang keluar
- $\theta$  : Sudut antara polarisator dan analisator.

Selain oleh plat Polaroid, polarisasi juga dapat terjadi akibat pemantulan. Itulah sebabnya menggunakan kacamata polaroid akan menjadi nyaman ketika berkendara. Karena cahaya pantulan mobil terpolarisasi sehingga intensitas ketika melalui kacamata menjadi rendah.

## Rangkuman

1. Seperti gelombang yang lain cahaya memiliki sifat dapat dipadukan atau berinterferensi
2. Sifat interferensi cahaya terjadi pada cahaya yang bersifat koheren.
3. Rancangan interferensi ditemukan pertama kali oleh Young dengan memanfaatkan celah ganda.
4. Difraksi cahaya merupakan salah satu bentuk interferensi cahaya.
5. Polarisasi adalah proses perubahan arah getar yang sebelumnya ke segala arah pada bidang tertentu menjadi satu bidang
6. Polarisasi terjadi jika cahaya melalui plat polaroid atau mengalami pemantulan dengan syarat-syarat tertentu,

## Lembar PowerPoint 19.3



### Pertanyaan

Berikan contoh interferensi gelombang dalam kehidupan sehari-hari?

Dapatkah gelombang cahaya mengalami interferensi?



2

### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep difraksi, interferensi dan polarisasi cahaya..

3

### INDIKATOR

- menjelaskan interferensi cahaya,
- menjelaskan difraksi cahaya,
- menjelaskan polarisasi cahaya, dan
- memecahkan masalah interferensi, difraksi dan polarisasi cahaya.

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi

5

### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 6 kelompok.
- Kelompok-kelompok bekerja dengan panduan LK 19.1

6

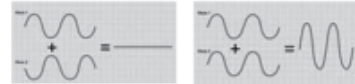
### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi
- Kelompok lain menanggapi

7

### Interferensi

- Perpaduan gelombang-gelombang yang menghasilkan gelombang baru



8

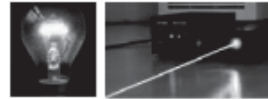
### Interferensi Cahaya

- Terjadi jika gelombang cahaya koheren
- Koheren artinya memiliki frekuensi dan beda fase yang sama

9

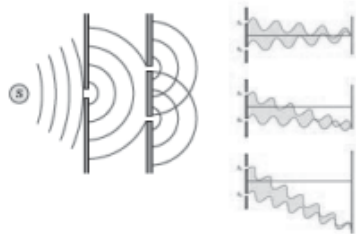
### Interferensi Cahaya

- Cahaya dalam kehidupan sehari-hari umumnya tidak koheren
- Contoh cahaya koheren misalnya sinar laser



10

### Interferensi Dua Celah



11

### Rumusan

$$n\lambda = d \sin \theta$$

- $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
- $\lambda$  = panjang gelombang (m)
- $\theta$  = sudut antara arah gelombang dan garis datar

12

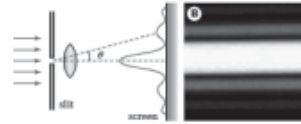
### Pendekatan

$$n\lambda = d \frac{\Delta y}{x}$$

- $\Delta y$  = jarak antara terang yang berdekatan (m)
- $x$  = Jarak antara celah dengan layar (m)

13

### Difraksi Cahaya



- Bukti adanya interferensi

14

### Kerja Mandiri

- Apakah yang anda ketahui tentang polarisasi cahaya?

15

### Curah Pendapat

- Mahasiswa-mahasiswi menyampaikan pendapatnya tentang polarisasi cahaya.

16

### Polarisasi

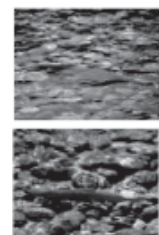
- Mengubah arah getar menjadi satu arah bidang



17

### Contoh Polarisasi

- Melihat kolam menjadi lebih jelas

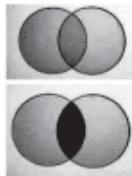


18

### Polarisator Analisator

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- I : Intensitas cahaya datang
- I<sub>0</sub>: Intensitas yang keluar
- θ: Sudut antara polarisator dan analisator.



19

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

20

### Tindak lanjut

- Kerjakan lembar penilaian 19.4 di rumah!
- Pelajari paket berikutnya!

21

Terima Kasih

22

## Lembar Penilaian 19.4



### Tes

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas !

1. Apakah yang dimaksud dengan interferensi cahaya?
2. Mengapa interferensi cahaya jarang ditemui dalam kehidupan sehari-hari?
3. Jelaskan yang dimaksud dengan koheren!
4. Jelaskan perumusan interferensi cahaya pada celah ganda!
5. Dalam suatu percobaan didapatkan jarak antara dua celah adalah 0,1 mm,, jarak antara dua terang berdekatan adalah 6 mm, dan jarak antara celah dengan layar 1,4 m. Berapakah nilai pendekatan panjang gelombang yang digunakan dalam percobaan tersebut?
6. Jelaskan syarat terjadinya polarisasi karena proses pemantulan!
7. Sudut yang dibentuk antara polarisator dan analisator adalah 45 derajat, berapa persenkah intensitas yang terukur melewati analisator?



## Daftar Pustaka

Duncan, Tom. 1977. *Physics For Today and Tomorrow* . London: John Murray

Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications*. 5<sup>th</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall

Hademenos, G.J (ed.). 2000. *Schaum's Easy Outline College Physics*. New Jersey: McGraw-Hill

Modul Fisika (Online: [http://www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php), diakses 2 Desember 2007)

Modul Fisika (Online: [http://www.wordpress.co.2008/modul\\_alat\\_optik.pdf/file\\_arifkristanto](http://www.wordpress.co.2008/modul_alat_optik.pdf/file_arifkristanto) , diakses :tanggal 13 Maret 2008)

Modul General Physics (Online: <http://www.nvcc.edu/phy232/lectures.html>, diakses pada 24 Maret 2008).

Serway, J. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/Cole

## Paket 20

# ALAT-ALAT OPTIK

## Pendahuluan



Perkuliahan pada Paket 20 ini akan difokuskan pada konsep alat-alat optik. Untuk itu kajian dalam paket ini meliputi konsep alat-alat optik dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Paket ini sebagai kelanjutan dari paket-paket sebelumnya, sehingga Paket 20 ini merupakan lanjutan dari materi optik geometris dan optik fisik.

Dalam paket ini, perkuliahan dimulai dengan demonstrasi tentang kamera digital dan meminta mahasiswa-mahasiswi menjelaskan konsep fisika kamera digital untuk memotivasi perkuliahan. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi diberikan kesempatan untuk menyampaikan gagasannya tentang berbagai perangkat sehari-hari yang memanfaatkan prinsip optika. Dosen memberikan beberapa contoh alat optik yang akan dipelajari. Selanjutnya mahasiswa-mahasiswi akan berdiskusi kelompok dengan panduan LK 20.1. A, LK 20.1. B, LK 20.1. C, dan LK 20.1. D. Kegiatan dilanjutkan dengan presentasi dan penguatan oleh dosen. Dosen juga memberikan kesempatan mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya. Sebelum perkuliahan berakhir dosen menguji kemampuan mahasiswa-mahasiswi dengan memanfaatkan lembar penilaian 20.4.

Sebelum perkuliahan berlangsung, sebaiknya dosen menugaskan mahasiswa dan mahasiswa untuk membaca uraian materi dalam paket ini. Beberapa kegiatan mahasiswa-mahasiswi juga memerlukan bahan-bahan dan peralatan. Dosen perlu berkoordinasi dengan mahasiswa-mahasiswi untuk menyiapkannya.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menganalisis sistem sosial dan perubahan sosial.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan konsep sistem sosial,
2. mengidentifikasi unsur-unsur sistem sosial, dan
3. menganalisis konsep perubahan sosial.

### Waktu

3 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian Sistem Sosial
2. Interaksi Sosial
3. Status Sosial
4. Struktur Sosial
5. Norma dan Nilai Sosial
6. Sosialisasi
7. Pembentukan Kepribadian
8. Perubahan Sosial

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 1.1. A, 1.1. B, 1.1. C.
2. Lembar Uraian Materi 1.2
3. Lembar *PowerPoint* 1.3
4. Lembar Penilaian 1.4
5. LCD dan computer, gambar-gambar (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
5'	<p><b>Kegiatan Awal</b></p> <p>1. Dosen mendemonstrasikan sebuah kamera digital dan memberi pertanyaan sebagai bahan pengenalan tentang alat-alat optik. Pertanyaan yang diajukan sebagai berikut: Bagaimana cara kerja kamera ditinjau dari prinsip fisika?</p>	Demonstrasi Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
2'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar yang akan dicapai dalam perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
5'	<p><b>Kegiatan Inti</b></p> <p>1. Mahasiswa-mahasiswi diminta untuk menyampaikan macam-macam benda yang memanfaatkan prinsip optik.</p>	Curah Pendapat	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
5'	2. Dosen memberikan ceramah (informasi) mengenai macam-macam alat optik.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
3'	3. Dosen membagi kelas menjadi beberapa kelompok.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
20'	4. Mahasiswa-mahasiswa melakukan diskusi dalam kelompoknya dan bekerja sesuai dengan LK 20.1A, LK 20.1B, LK 20.1C, dan LK 20.1D.	Diskusi dan Pengamatan	LK 20.1A, LK 20.1B, LK 20.1C, dan LK 20.1D Uraian Materi 20.2

1	2	3	4
20.	5. Masing-masing wakil kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.	<i>Group to group exchange</i>	
20'	6. Dosen memberikan penguatan dan memberikan kesempatan mahasiswa untuk bertanya.	Ceramah dan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
10'	7. Dosen mengevaluasi pencapaian kompetensi mahasiswi dan mahasiswa secara individu.	Penilaian	Lembar Penilaian 20.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen, mahasiswi dan mahasiswa melakukan refleksi tentang konsep dan aplikasi alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen memberikan tugas mandiri kepada mahasiswi dan mahasiswa membuat review materi dan memberikan tugas membaca dan memahami materi perkuliahan minggu berikutnya.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint 20.3</i>

## Lembar Kegiatan 20.1.A



# Konsep Alat Optik MATA

### Tujuan

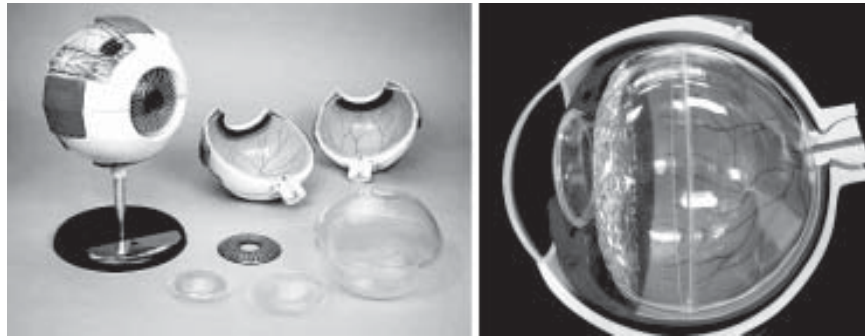
Menganalisis bagaimana konsep kerja alat optik pada mata

### Alat dan Bahan

1. Model mata
2. Macam-macam kaca mata baca

### Langkah kegiatan

1. Amatilah gambar model mata!



**Gambar 20.1 Model Mata**

2. Tunjukkan bagian-bagian mata serta fungsinya!
3. Diskusikan dan analisislah perumusan optik geometrisnya!
4. Deskripsikan macam-macam cacat mata dan jelaskan alat bantu yang sesuai untuk mengatasinya!
5. Diskusikan untuk menjelaskan konsep mata berakomodasi dan tidak berakomodasi!
6. Tuliskan hasil kerja kelompok di kertas plano!

## Lembar Kegiatan 20.1.B



# KONSEP KERJA KACA PEMBESAR (LUP)

### Tujuan

Menganalisis bagaimana konsep kerja alat optik kaca pembesar (lup)

### Alat dan Bahan

1. Kaca pembesar
2. Serangga berukuran 0,5 cm panjang tubuhnya
3. Daun
4. Ikan hias (2 ekor)
5. Gelas piala (bejana dari gelas ) volume 500ml

### Langkah kegiatan

1. Tempatkan kaca pembesar berjarak 4,0 cm dari tubuh serangga, amati penampakan ukuran serangga dan tentukan letak bayangan serangga tersebut.
2. Letakkan daun di atas lantai yang terkena sinar matahari, tempatkan kaca pembesar supaya sinar matahari mengumpul pada daun, sehingga menghasilkan bayangan matahari pada permukaan daun. Diskusikan apa yang terjadi pada daun serta mengapa sifat bayangan yang terjadi pada permukaan daun demikian.
3. Tempatkan ikan hias dalam bejana 500 mL yang berisi air. Identifikasilah bagaimana ikan dapat memfokuskan cahaya dengan matanya. Ambillah lup dan amati apakah lup tetap dapat digunakan sebagai kaca pembesar.
4. Bandingkan kemampuan memperbesar lensa kaca pada lup pada saat digunakan di air dan udara.
5. Berikan penjelasan mengapa jika lensa yang lebih melengkung diletakkan di bawah air dalam suatu aquarium lebih membengkokkan cahaya? Akankah anda meramal bahwa indeks bias bahan-bahan di mata ikan sama dengan indeks bias air?
6. Tuliskan hasil kerja kelompok di kertas plano!

## Lembar Kegiatan 20.1.C



# KONSEP KERJA KAMERA

## Tujuan

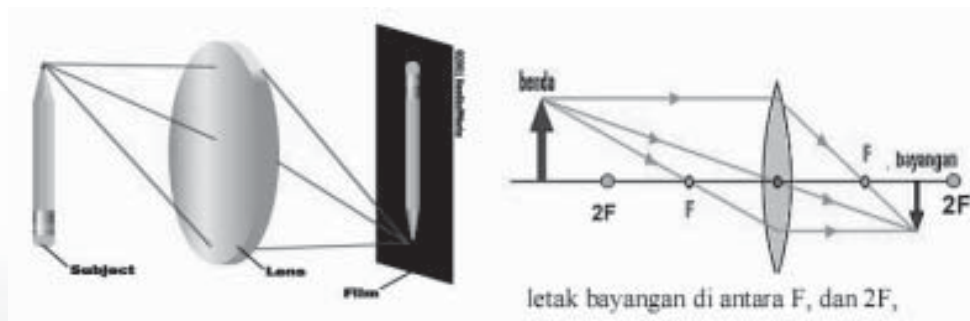
Menganalisis bagaimana konsep kerja alat optik pada kamera

## Alat dan Bahan

1. Kamera
2. Gambar skematis lintasan cahaya kamera

## Langkah kegiatan

1. Amatilah gambar kamera dan skema lintasan cahayanya!
2. Tunjukkan bagian-bagian kamera serta fungsinya!
3. Diskusikan dan analisislah perumusan optik geometrisnya!
4. Diskusikan untuk menjelaskan konsep mata berakomodasi dan tidak berakomodasi pada kamera!
5. Rumuskan sifat-sifat kamera dengan melakukan demonstrasi memotret benda!



Gambar 20.2 Lintasan cahaya pada kamera



## Lembar Kegiatan 20.1.D



# KONSEP KERJA MIKROSKOP

## Tujuan

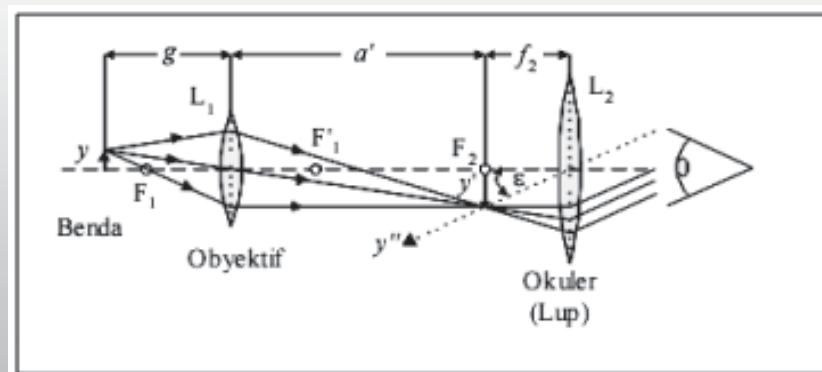
Menganalisis bagaimana konsep kerja alat optik pada mikroskop

## Alat dan Bahan

1. Mikroskop
2. Gambar mikroskop dan
3. Gambar skematis lintasan cahaya mikroskop

## Langkah kegiatan

1. Amatilah gambar mikroskop dan skema lintasan cahayanya.
2. Tunjukkan bagian-bagian mikroskop serta fungsinya.
3. Diskusikan dan analisislah perumusan optik geometrisnya.
4. Diskusikan untuk menjelaskan konsep mata berakomodasi dan tidak berakomodasi pada mikroskop.
5. Rumuskan sifat-sifat mikroskop dengan melakukan demonstrasi dengan meletakkan benda berukuran mikro diatas kaca objektif . Bayangan dihasilkan oleh lensa  $L_1$  dengan fokus pendek  $f_1 = +20$  mm, yang diperoleh dengan mengatur lensa okuler  $L_2 = \pm 300$ . Ukuran bayangan dan perbesaran total diperoleh dengan cara membandingkan pada suatu skala saat punctum proximum (jarak terdekat benda yang masih dapat dilihat dengan mata atau jarak baca sekitar 25 cm), dengan cara melihat benda melalui mikroskop dengan mata kanan sedangkan skala dilihat dengan mata kiri.



Gambar 20.3 Lintasan cahaya pada mikroskop

## Uraian Materi 20.2



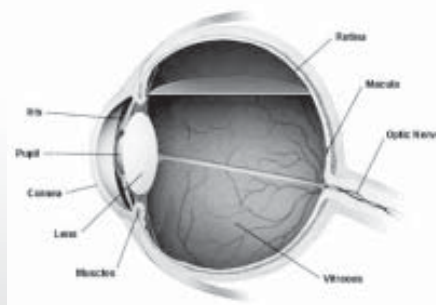
# ALAT OPTIK

### A. Pengertian Alat Optik

Alat optik adalah berbagai alat penglihatan manusia yang bekerja dengan menggunakan prinsip optik. Alat optik dapat dipilah menjadi alat optik alamiah maupun buatan manusia. Termasuk ke dalam alat optik alamiah adalah mata, sedangkan alat optik buatan merupakan alat bantu penglihatan manusia untuk mengamati benda-benda yang tidak dapat dilihat dengan jelas oleh mata manusia, misal: kacamata, kamera, lup atau kaca pembesar, mikroskop, teropong dan periskop.

### B. Mata dan Kacamata

Bentuk mata menyerupai bola. Pada bola mata terdapat benda bening yang disebut lensa mata. Lensa mata berupa lensa cembung yang bersifat tembus cahaya. Lensa mata memiliki fungsi membiaskan sinar-sinar yang datang ke mata. Dengan demikian, bayangan benda dapat tepat jatuh di retina mata. Jadi, mata memiliki fungsi seperti pada kamera. Oleh karena itu, mata disebut alat optik. Mata manusia sebagai alat indra penglihatan dapat dipandang sebagai alat optik yang sangat penting bagi manusia. Bagian-bagian mata menurut kegunaan fisis sebagai alat optik ditunjukkan pada gambar 22-4 berikut.



**Gambar 20.4 Bagian-bagian Mata**

1. Kornea merupakan lapisan terluar yang keras untuk melindungi bagian-bagian lain dalam mata yang halus dan lunak.
2. Aqueous humor (cairan) yang terdapat di belakang kornea berfungsi untuk membiaskan cahaya yang masuk ke dalam mata.
3. Lensa terbuat dari bahan bening (optis) yang elastik, merupakan lensa cembung berfungsi membentuk bayangan.

4. Iris (otot berwarna) membentuk celah lingkaran yang disebut pupil.
5. Pupil berfungsi mengatur banyak cahaya yang masuk ke dalam mata. Lebar pupil diatur oleh iris, di tempat gelap pupil membuka lebar agar lebih banyak cahaya yang masuk ke dalam mata.
6. Retina (selaput jala) terdapat di permukaan belakang mata yang berfungsi sebagai layar tempat terbentuknya bayangan benda yang dilihat. Bayangan yang jatuh pada retina bersifat : nyata, diperkecil dan terbalik.
7. Bintik buta merupakan bagian pada retina yang tidak peka terhadap cahaya, sehingga bayangan jika jatuh di bagian ini tidak jelas/kelihatan, sebaliknya pada retina terdapat bintik kuning.
8. Syaraf optik yang menghubungkan bintik kuning dengan otak sehingga sinyal-sinyal bayangan dari bintik kuning sampai ke otak dan otaklah yang menterjemahkan . Karenanya bayangan menjadi tegak, tidak terbalik seperti yang ditangkap oleh retina.

Permukaan retina terdiri dari berjuta-juta sel sensitif, ada yang berbentuk sel batang berfungsi membedakan kesan hitam/putih dan yang berbentuk sel kerucut berfungsi membedakan kesan berwarna. Otot siliar (otot lensa mata) berfungsi mengatur daya akomodasi mata. Cahaya yang masuk ke mata difokuskan oleh lensa mata ke permukaan retina. Oleh sel-sel yang ada di dalam retina, rangsangan cahaya ini dikirimkan ke otak. Oleh otak diterjemahkan sehingga menjadi kesan melihat.

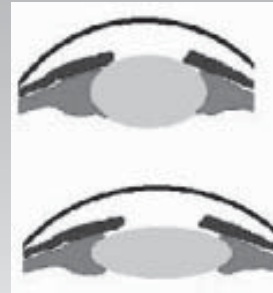


**Gambar 20.5 Diagram Pembentukan Gambar pada Mata**

### **Daya Akomodasi Mata**

Jarak antara lensa mata dan retina selalu tetap, sehingga dalam melihat benda-benda pada jarak tertentu perlu mengubah kelengkungan lensa mata. Untuk mengubah kelengkungan lensa mata, yang berarti mengubah jarak titik fokus lensa merupakan tugas otot siliar. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang dibentuk oleh lensa mata selalu jatuh di retina. Pada saat mata melihat dekat lensa mata harus lebih cembung (otot-otot siliar menegang) dan pada saat melihat jauh lensa harus lebih pipih (otot-otot siliar mengendor). Peristiwa

perubahan-perubahan ini disebut daya akomodasi. Daya akomodasi (daya suai) adalah kemampuan otot siliar untuk menebalkan atau memipihkan kecembungan lensa mata yang disesuaikan dengan dekat atau jauhnya jarak benda yang dilihat.



Lensa memipih

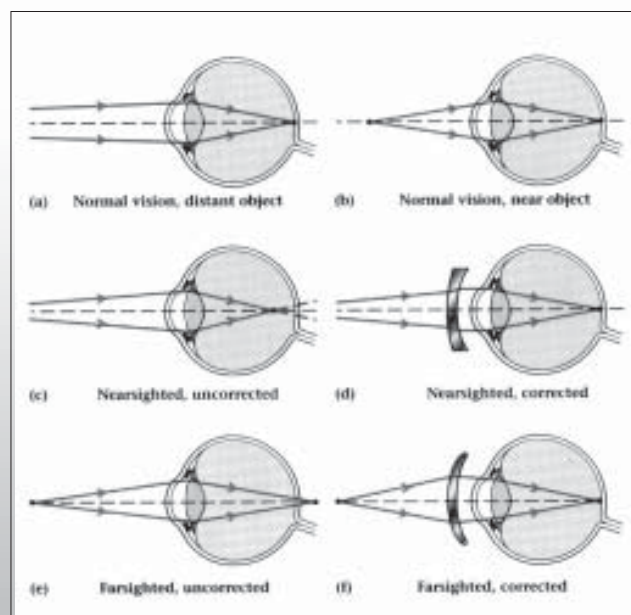
**Gambar 20.6**  
**Pupil Mata**

Manusia memiliki dua batas daya akomodasi (jangkauan penglihatan) yaitu

1. Titik dekat mata (punctum proximatum) adalah jarak benda terdekat di depan mata yang masih dapat dilihat dengan jelas. Untuk mata normal (emetropi) titik dekatnya berjarak 10cm s/d 20cm (untuk anak-anak) dan berjarak 20cm s/d 30cm (untuk dewasa). Titik dekat disebut juga jarak baca normal.
2. Titik jauh mata (punctum remotum) adalah jarak benda terjauh di depan mata yang masih dapat dilihat dengan jelas. Untuk mata normal titik jauhnya adalah "tak terhingga."

### Cacat Mata dan Koreksinya

Berkurangnya daya akomodasi mata seseorang dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan mata untuk melihat benda pada jarak tertentu dengan jelas. Cacat mata yang disebabkan berkurangnya daya akomodasi, antara lain rabun jauh, rabun dekat dan rabun dekat dan jauh. Selain tiga jenis itu, masih ada jenis cacat mata lain yang disebut astigmatisma.



**Gambar 20.7**

**Mata normal, Rabun Dekat, dan Rabun Jauh dan Koreksinya**

Cacat mata dapat dibantu dengan kacamata. Kacamata hanya berfungsi membantu penderita cacat mata agar bayangan benda yang diamati tepat pada retina. Kacamata tidak dapat menyembuhkan cacat mata. Ukuran yang diberikan pada kacamata adalah kekuatan lensa yang digunakan. Kacamata berukuran -1,5, artinya kacamata itu berlensa negatif dengan kuat lensa -1,5 dioptri. Berkurangnya daya akomodasi mata dapat menyebabkan berbagai gangguan atau sakit mata sebagaimana diuraikan berikut.

### **Rabun jauh (miopi)**

Rabun jauh yaitu mata tidak dapat melihat benda-benda jauh dengan jelas, disebut juga mata perpenglihatan dekat (terang dekat/mata dekat). Penyebab terbiasa melihat sangat dekat sehingga lensa mata terbiasa tebal. Miopi sering dialami oleh tukang arloji, penjahit, orang yang suka baca buku (kutu buku) dan lain-lain. Untuk mata normal (emetropi) melihat benda jauh dengan akomodasi yang sesuai, sehingga bayangan jatuh tepat pada retina. Mata miopi melihat benda jauh bayangan jatuh di depan retina, karena lensa mata terbiasa tebal. Mata miopi ditolong dengan kacamata berlensa cekung (negatif). Tugas dari lensa cekung adalah membentuk bayangan benda di depan mata pada jarak titik jauh orang yang mempunyai cacat mata miopi. Karena bayangan jatuh di depan lensa cekung, maka harga  $s_i$  adalah negatif. Dari persamaan lensa tipis,  $1/f = 1/s_o + 1/s_i$   $s_i$  adalah jarak titik jauh mata miopi.  $s_o$  adalah jarak benda ke mata adalah fokus lensa kaca mata.

### **Rabun dekat (hipermetropi)**

Rabun dekat tidak dapat melihat jelas benda dekat, disebut juga mata perpenglihatan jauh (terang jauh/mata jauh). Rabun dekat mempunyai titik dekat yang lebih jauh daripada jarak baca normal. Penyebab terbiasa melihat sangat jauh sehingga lensa mata terbiasa pipih. Rabun dekat sering dialami oleh penerbang (pilot), pelaut, sopir dan lain-lain. Rabun jauh ditolong dengan kacamata berlensa cembung (positif). Bayangan yang dibentuk lensa cembung harus berada pada titik dekat mata penderita rabun dekat. Karena bayangan yang dihasilkan lensa cembung berada di depan lensa maka harga  $s_i$  adalah negatif. Dari persamaan lensa tipis,  $1/f = 1/s_o + 1/s_i$ . Dengan  $s_i$  adalah jarak titik jauh mata hipermetropi.  $s_o$  adalah jarak benda ke mata adalah fokus lensa kaca mata.

### **Mata tua (presbiopi)**

Mata tua tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang sangat jauh dan benda-benda pada jarak baca normal, disebabkan daya akomodasi telah berkurang akibat lanjut usia (tua). Pada mata tua titik dekat dan titik jauh keduanya telah bergeser. Mata tua diatasi atau ditolong dengan menggunakan

kacamata berlensa rangkap (cembung dan cekung). Pada kacamata dengan lensa rangkap, lensa negatif bekerja seperti lensa pada kaca mata miopi, sedangkan lensa positif bekerja seperti halnya pada kacamata hipermetropi.

### **Astigmatisma (mata silindris)**

Astigmatisma disebabkan karena kornea mata tidak berbentuk sferik (iris bola), melainkan lebih melengkung pada satu bidang dari pada bidang lainnya. Akibatnya benda yang berupa titik difokuskan sebagai garis. Mata astigmatisma juga memfokuskan sinar-sinar pada bidang vertikal lebih pendek dari sinar-sinar pada bidang horisontal. Astigmatisma ditolong/dibantu dengan kacamata silindris.

### **C. Kaca Pembesar (Lup)**

Lup atau kaca pembesar (gambar 22.8) adalah sebuah lensa cembung atau lensa positif yang digunakan untuk mengamati benda-benda yang kecil agar tampak lebih besar dan lebih jelas. Alat ini biasa digunakan oleh tukang arloji pada waktu mereparasi bagian jam yang diperbaikinya kelihatan lebih besar dan jelas. Kerusakan jam tangan. Perajin perhiasan emas dan perak juga menggunakan alat ini untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Oleh siswa saat praktikum biologi, lup dipakai untuk mengamati bagian hewan atau tumbuhan agar kelihatan besar dan jelas. Sebagai alat optik, lup berupa lensa cembung tebal (berfokus pendek). Sifat bayangan yang diharapkan dari benda kecil yang dilihat dengan lup adalah tegak dan diperbesar. Orang yang melihat benda dengan menggunakan lup akan mempunyai sudut penglihatan (sudut angular) yang lebih besar daripada orang yang melihat dengan mata biasa. Diantara pada lup, benda diletakkan. Ada dua cara memakai lup, yaitu dengan mata tak berakomodasi dan mata berakomodasi.

1. Untuk mata berakomodasi maksimum, benda diletakkan diantara  $F$  dan  $O$  atau jarak benda ( $s_o$ ) selalu lebih kecil daripada jarak titik api ( $f$ ).
2. Untuk mata tidak berakomodasi, benda diletakkan tepat pada titik api ( $f$ ) atau jarak benda ( $s_o$ ) sama dengan jarak titik api lup ( $f$ ).



**Gambar 20.8 Lup**

**Mata tidak berakomodasi**

Untuk melihat tanpa berakomodasi maka lup harus membentuk bayangan di jauh tak berhingga. Benda yang dilihat harus diletakkan tepat pada titik fokus lup. Keuntungannya adalah untuk pengamatan lama mata tidak cepat lelah, sedangkan kelemahannya dari segi perbesaran berkurang. Sifat bayangan yang dihasilkan maya, tegak dan diperbesar. Perhatikan gambar. Dari gambar terlihat bahwa Karena untuk melihat tanpa berakomodasi maka perbesaran sudut (perbesaran anguler) yang didapat adalah  $PP = \text{jarak titik dekat mata}$   $f = \text{jarak titik fokus lensa}$ .

**Mata berakomodasi maksimum**

Agar mata dapat melihat dengan berakomodasi maksimum, maka bayangan yang dibentuk oleh lensa harus berada di titik dekat mata (PP). Benda yang dilihat harus terletak antara titik fokus dan titik pusat sumbu lensa (O) Perbesaran anguler yang didapatkan adalah karena  $s_i = -PP$  maka dari persamaan lensa tipis Persamaan ini bila dimasukkan dalam persamaan  $M = \text{perbesaran lup}$   $PP = \text{titik dekat mata} = \text{jarak titik fokus lensa}$ .

Jika mata berakomodasi maksimum, jarak bayangan benda di titik dekat punctum proximum atau pada jarak baca normal adalah 25 cm. Bayangan yang terjadi maya,  $s_i = -25 \text{ cm}$ .

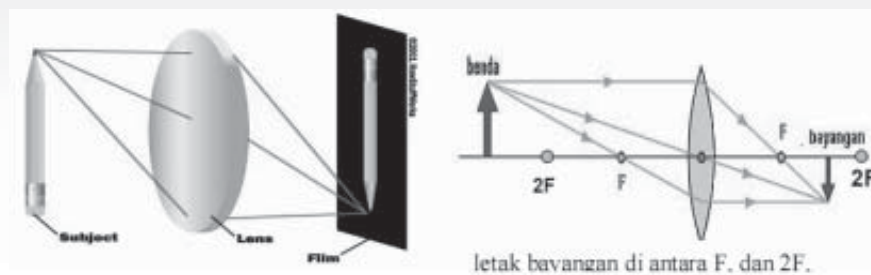
**D. Kamera**

Kamera (Gambar 22.9) adalah alat optik yang berguna untuk menghasilkan gambar melalui proses fotografi. Gambar yang dihasilkan kamera adalah gambar negatif, yaitu gambar tembus cahaya yang warnanya berlawanan dengan warna benda aslinya. Selanjutnya, gambar negatif inilah yang diproses menjadi gambar di kertas yang disebut dengan foto.



**Gambar 20.9**  
**Lensa untuk Menghasilkan Bayangan Benda (Kamera)**

Bagian utama sebuah kamera adalah lensa cembung, celah diafragma, dan film. Lensa cembung berfungsi sebagai penghasil bayangan nyata dan terbalik benda-benda yang dipotret. Bayangan ini akan dijatuhkan tepat pada film sehingga menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan film negatif. Selain lensa, kualitas gambar yang dihasilkan oleh kamera juga dipengaruhi oleh banyak sedikitnya cahaya yang memasuki kamera dan fokus kamera. Banyak sedikitnya cahaya yang masuk di atur dengan diafragma. Sedangkan fokus lensa dapat diatur dengan menggeser-geser lensa (mengulir sekrup pada lensa). Adapun proses terjadinya bayangan pada kamera dapat digambarkan seperti Gambar berikut.



**Gambar 20.10. Proses Terbentuknya Bayangan pada Kamera**

## E. Mikroskop

Mikroskop sebagaimana terdapat pada Gambar 22.11 adalah alat optik untuk mengamati benda-benda sangat kecil (micron), seperti bakteri dan kuman.

Mikroskop terdiri atas dua lensa positif, yaitu yaitu lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif berada di dekat objek sedangkan lensa okuler berada di depan mata pengamat. Jarak titik api lensa okuler lebih panjang dari pada lensa objektif. Proses pembentukan pada mikroskop adalah sebagai berikut.

1. Lensa objektif berfungsi untuk membentuk bayangan sejati, terbalik dan diperbesar dari benda yang diamati. Bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif dianggap benda bagi lensa okuler.
2. Lensa okuler berfungsi membentuk bayangan maya, tegak dan diperbesar.



**Gambar 20.11  
Mikroskop**

Cara kerja mikroskop adalah sebagai berikut. Objek atau benda yang diamati harus diletakkan di antara  $F_{ob}$  dan  $2F_{ob}$ , sehingga lensa objektif membentuk bayangan nyata, terbalik dan diperbesar. Bayangan yang dibentuk lensa objektif merupakan benda bagi lensa okuler. Lensa okuler berperan seperti lup



yang dapat diatur/digeser-geser sehingga mata dapat mengamati dengan cara berakomodasi atau tidak berakomodasi. Pengamatan dengan akomodasi maksimum Untuk pengamatan dengan akomodasi maksimum, maka bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler harus jatuh/diletakkan pada titik dekat mata (PP). Perhatikan gambar! Perbesaran yang diperoleh adalah merupakan perbesaran oleh lensa objektif dan lensa okuler yaitu:  $M = M_{ob} \cdot M_{ok}$ . Pengamatan dengan mata tidak berakomodasi Untuk pengamatan dengan mata tidak berakomodasi, maka bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler harus berada pada titik jauh mata. Perhatikan gambar!

Perbesaran yang diperoleh adalah:

$$M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

Panjang mikroskop adalah jarak lensa objektif terhadap lensa okuler dirumuskan :

$$d = S_{i\ ob} + S_{o\ ok} \text{ (berakomodasi )}$$

$$d = S_{i\ ob} + f_{ok} \text{ (tidak berakomodasi)}$$

## Rangkuman

1. Alat optik adalah berbagai alat penglihatan manusia yang bekerja dengan menggunakan prinsip optik.
2. Alat optik dapat dipilah menjadi alat optik alamiah maupun buatan manusia.
3. Mata manusia sebagai alat indra penglihatan dapat dipandang sebagai alat optik yang sangat penting bagi manusia.
4. Lup atau kaca pembesar adalah sebuah lensa cembung atau lensa positif yang digunakan untuk mengamati benda-benda yang kecil agar tampak lebih besar dan lebih jelas.
5. Kamera adalah alat optik yang berguna untuk menghasilkan gambar melalui proses fotografi.
6. Mikroskop adalah alat optik untuk mengamati benda-benda sangat kecil (berukuran micron), seperti bakteri dan kuman.

## Lembar PowerPoint 20.3



### ALAT OPTIK

#### Pertanyaan

- Bagaimana cara kerja kamera ditinjau dari prinsip-prinsip fisika?



### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan prinsip alat-alat optik dalam kehidupan sehari-hari

### Langkah Perkuliahan

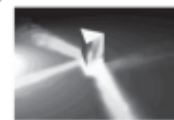
- Pengantar
- Curah pendapat
- Penguatan
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan dan tanya jawab
- Kerja Mandiri
- Refleksi

### INDIKATOR

- mendeskripsikan konsep alat-alat optik pada kaca mata, kamera, lup, dan mikroskop.
- menerapkan alat-alat optik kaca mata, kamera, lup, dan mikroskop dalam kehidupan sehari-hari

### Curah Pendapat

- Sebutkan peralatan sehari-hari yang memiliki prinsip kerja optika!



## Mata

- Alat optika alamiah
- Memiliki lensa untuk membentuk bayangan



## Lup

- Kaca pembesar



## Kamera

- Untuk menghasilkan gambar



## Mikroskop

- Untuk mengamati benda-benda yang renik



## Diskusi Kelompok

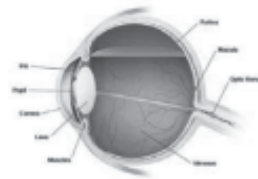
- Kelas dibagi menjadi 4 kelompok
- Kelompok 1 menggunakan LK 20.1.A
- Kelompok 2 menggunakan LK 20.1.B
- Kelompok 3 menggunakan LK 20.1.C
- Kelompok 4 menggunakan LK 20.1.D

## Group to Group Exchange

- Perwakilan kelompok menyampaikan hasil diskusinya
- Kelompok lain menanggapi

### Bagian-bagian mata

1. Kornea
2. Aqueous humor
3. Lensa kristalin
4. Iris
5. Pupil
6. Otot mata
7. Vitreus humor
8. Retina
9. Bintik kuning
10. Saraf Optik



### Lup



Perbesaran yang dihasilkan adalah **Perbesaran Sudut**.

$$\gamma = \frac{tg \alpha'}{tg \alpha}$$



$$\gamma = \frac{tg \alpha'}{tg \alpha} = \frac{y/f}{y/25} = \frac{25}{f}$$

dengan  $f$  dalam cm.

Perbesaran Anguler :

- mata tak berakomodasi

$$\gamma = \frac{S_n}{f}$$

- berakomodasi maks

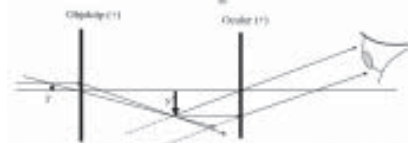
$$\gamma = \frac{S_n}{f} + 1$$

$\alpha$  = perbesaran anguler

$S_n$  = titik dekat orang normal

$f$  = jarak fokus lup

### Mikroskop



Perbesaran total =  $m \cdot \gamma \implies M = m \cdot \gamma = \frac{y'}{y} \cdot \frac{25}{f_e} = \frac{S_n}{S_o} \cdot \frac{25}{f_e}$

dengan  $m$  = perbesaran lensa objektif dan  $\gamma$  = perbesaran lensa okuler

### Mikroskop

Melihat bayangan benda tanpa akomodasi

Perbesaran bayangan :

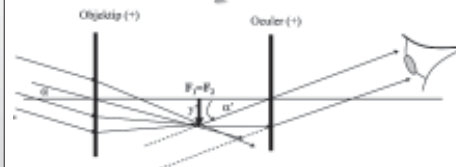
$$m = \left| \frac{S_o' \cdot S_n}{S_o \cdot f_o} \right|$$

Melihat bayangan benda dengan berakomodasi

$$m = \left| \frac{S_o'}{S_o} \left( \frac{S_n}{f_o} + 1 \right) \right|$$

$S_{ob}$  = jarak benda ke lensa objektif  
 $S_{o'}$  = jarak bayangan ke lensa objektif  
 $S_n$  = jarak titik dekat mata normal  
 $f_{ok}$  = jarak fokus lensa okuler

### Telescope



Perbesaran sudut :  $\gamma = \frac{tg \alpha'}{tg \alpha} \implies \gamma = \frac{f_1}{f_2}$

## Penilaian

- Kerjakan soal-soal yang terdapat pada lembar penilaian 20.4

## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

## Tindak lanjut

- Kembangkan review materi alat optik
- Baca uraian materi paket berikutnya

وَسَلَامٌ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

## Lembar Penilaian 20.4



### Tes Tulis

1. Sebuah kamera menggunakan lensa ....
  - a. cembung
  - b. cembung-cekung
  - c. cekung-rangkap
  - d. cekung-cembung
  
2. Bayangan objek yang terbentuk pada film bersifat ....
  - a. nyata, terbalik, dan diperbesar
  - b. nyata, terbalik, dan diperkecil
  - c. maya, tegak, dan diperkecil
  - d. maya, tegak, dan diperbesar
  
3. Daya akomodasi adalah ....
  - a. kemampuan lensa untuk menangkap benda di tempat jauh tak terhingga
  - b. melebar dan menyempitnya pupil untuk mengatur pencahayaan
  - c. kemampuan lensa mata untuk mencembung dan memipih
  - d. gerak maju mundurnya lensa kamera
  
4. Kita mendapat kesan melihat benda apabila bayangan jatuh pada bagian ....
  - a. kornea
  - b. retina
  - c. pupil
  - d. lensa mata
  
5. Berikut ini adalah pernyataan mengenai kamera dan mata.
  - i. bayangan difokuskan dengan cara memaju-mundurkan lensa
  - ii. bayangan difokuskan dengan cara memipih-tebalkan lensa
  - iii. intensitas cahaya masuk diatur oleh diafragma
  - iv. intensitas cahaya diatur oleh pupilPernyataan yang benar mengenai kamera adalah ....
  - a. i dan iv
  - b. i dan iii
  - c. ii dan iii
  - d. ii dan iv

6. Punctum proximum orang dewasa dengan mata normal adalah antara ....
  - a. 10 sampai 15 cm
  - b. 15 sampai 20 cm
  - c. 20 sampai 30 cm
  - d. di tempat jauh tak terhingga
  
7. Punctum remotum mata seseorang berada di tempat jauh tak terhingga. Hal ini terjadi pada ....
  - a. mata emetrop
  - b. mata miop
  - c. mata hipermiop
  - d. mata presbiop
  
8. jika berkas sinar sejajar berkumpul di depan retina, terjadi pada penderita ....
  - a. miop
  - b. hipermetrop
  - c. presbiop

## Daftar Pustaka

Duncan, Tom. 1977. *Physics For Today and Tomorrow* . London: John Murray

Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications*. 5<sup>th</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall

Hademenos, G.J (ed.). 2000. *Schaum's Easy Outline College Physics*. New Jersey: McGraw-Hill

Modul Fisika (Online: [http://www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php), diakses 2 Desember 2007)

Modul Fisika (Online: [http://www.wordpress.co.2008/modul\\_alat\\_optik.pdf/file\\_arifkristanto](http://www.wordpress.co.2008/modul_alat_optik.pdf/file_arifkristanto) , diakses :tanggal 13 Maret 2008)

Modul General Physics (Online: <http://www.nvcc.edu/phy232/lectures.html>, diakses pada 24 Maret 2008).

Serway, J. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/ Cole



## Paket 21

# ABERASI LENSA

## Pendahuluan



Perkuliahan pada Paket 21 ini akan difokuskan pada konsep aberasi lensa. Untuk itu, kajian dalam paket ini meliputi konsep aberasi lensa dan cara mengatasinya. Aberasi lensa dibatasi pada aberasi sferis dan aberasi kromatis.

Dalam paket ini, perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi pentingnya mempelajari masalah aberasi lensa. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi diberikan kesempatan untuk membangun konsep dasar tentang aberasi lensa melalui kerja berpasangan. Perwakilan pasangan akan mempresentasikan hasil kerjanya dan ditegaskan oleh dosen dengan memanfaatkan slide powerpoint yang tersedia. Setelah itu mahasiswa-mahasiswi akan berkelompok dalam kelompok kecil untuk melakukan diskusi mengatasi aberasi lensa dengan panduan LK 21.1. Setelah penguatan dan memberikan kesempatan bertanya dosen akan menguji pemahaman mahasiswa-mahasiswi dengan meminta mengerjakan lembar penilaian 22.4.

Pembahasan mengenai aberasi lensa cukup kompleks dan abstrak. Karenanya, mahasiswa perlu mempelajari terlebih dahulu uraian materi 21.2. Penggunaan LCD proyektor juga sangat membantu mengingat konsep aberasi memerlukan penjelasan-penjelasan visual atau gambar.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswi-mahasiswa mampu menganalisis aberasi lensa

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswi-mahasiswa diharapkan mampu:

1. menjelaskan aberasi lensa,
2. mendeskripsikan aberasi sferis pada cermin cekung,
3. mendeskripsikan aberasi sferis dan kromatis pada lensa
4. membedakan aberasi sferis dan aberasi kromatis, dan
5. menjelaskan cara mengatasi aberasi speris dan aberasi kromatis.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Aberasi Lensa
2. Aberasi Sferis pada Cermin Cekung
3. Aberasi Sferis dan Kromatis pada Lensa
4. Cara Mengatasi Aberasi Sferis dan Aberasi Kromatis

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 21.1
2. Lembar Uraian Materi 21.2
3. Lembar *PowerPoint* 21.3
4. Lembar Penilaian 21.4
5. Alat dan Bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
7'	1. Dosen memberi pertanyaan sebagai bahan pengenalan tentang alat-alat optik. Pertanyaan yang diajukan sebagai berikut: "Apakah yang terjadi pada foto disamping?" "Mengapa hal ini terjadi?"	Tanya Jawab	Slide PowerPoint 21.3
3'	2. Dosen memberikan motivasi dan menyampaikan tujuan serta langkah-langkah perkuliahan.	Ceramah	Slide PowerPoint 21.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
10'	1. Mahasiswa-mahasiswi diminta bekerja berpasangan untuk membahas tentang aberasi lensa. "Apakah aberasi lensa itu?" "Mengapa aberasi dapat terjadi?"	Kerja Berpasangan	Slide PowerPoint 21.3
10'	2. Perwakilan pasangan diminta untuk menyampaikan hasil kerjanya dikomentari pasangan yang lain.	Presentasi	
5'	3. Dosen memberikan penguatan tentang aberasi lensa.		
15'	4. Mahasiswa-mahasiswi melakukan diskusi kelompok dan bekerja sesuai dengan LK 21.1 dan uraian materi 21.2.	Diskusi Kelompok	Lembar Kegiatan 21.1 Uraian Materi 21.2
15'	5. Masing-masing wakil kelompok mempresentasikan hasil diskusinya	Presentasi	
10'	6. Dosen menjelaskan konsep aberasi dan contoh-contohnya.	Ceramah	Slide PowerPoint 21.3

1	2	3	4
15'	7. Mahasiswa-mahasiswi menanyakan hal-hal yang belum jelas.	Kerja Individu	
10'	8. Dosen mengevaluasi pencapaian kompetensi mahasiswi dan mahasiswa secara individu.	Penilaian	Lembar Penilaian 21.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen dan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang jalannya perkuliahan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 21.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen memberikan tugas mandiri kepada mahasiswa-mahasiswi untuk membuat artikel tentang aberasi lensa.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 21.3

## Lembar Kegiatan 21.1.



# ABERASI LENSA

### Pengantar

Salah satu permasalahan dalam penerapan konsep cahaya adalah adanya aberasi lensa. Konsep aberasi lensa perlu dipahami untuk selanjutnya dicari jalan pemecahannya. Melalui kegiatan ini diharapkan mahasiswa lebih memahami masalah aberasi dan cara mengatasinya.

### Tujuan

Melakukan identifikasi aberasi sferis dan cara mengatasinya

### Alat Dan Bahan

1. Gambar skema lensa cembung dan cekung
2. pensil, penggaris

### Langkah Kegiatan

1. Bacalah uraian materi 21.2 tentang aberasi lensa untuk menjawab beberapa pertanyaan berikut ini!
2. Jelaskan perbedaan antara aberasi sferis dan aberasi kromatis!
3. Bagaimanakah cara untuk mengatasi aberasi lensa?
4. Seseorang yang sudah tua tidak mampu membaca dalam jarak yang dekat. Apakah hal ini tergolong aberasi? Bagaimanakah cara mengatasinya?
5. Bagaimana halnya dengan seseorang yang rabun jauh? Bagaimana cara mengatasinya?
6. Tuliskan hasil diskusi Anda di kertas plano!

## Lembar Kegiatan 21.2

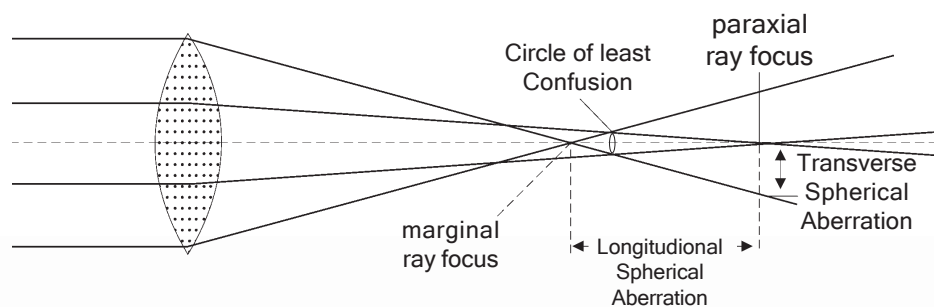


# ABERASI LENSA

## A. Cacat (Aberasi) Lensa

### Pengertian Aberasi Lensa

Dalam suatu sistem optik (cermin ataupun lensa) yang ideal, sinar yang melewati semua bagian cermin/lensa akan terpusat pada tempat yang sama sehingga membentuk bayangan yang tajam. Namun, hal ini hanya pendekatan. Pada cermin/lensa yang sebenarnya, sinar-sinar yang melewati tepi cermin/lensa seringkali dipusatkan pada tempat yang berbeda dengan sinar yang melewati pusat lensa. Ketidakmampuan lensa untuk memfokuskan semua sinar pada satu titik disebut cacat (aberasi) lensa seperti pada Gambar 21.1. Bayangan yang dihasilkan oleh adanya aberasi lensa ini adalah bayangan buram atau kabur (tidak terfokus). Hal inilah yang dikenal dengan aberasi lensa.



**Gambar 21.1 Aberasi Lensa**

(Sumber: <http://www.hyperphysics.phy.astr.gsu.edu/hbase/aberr.html>, 2007)

### Aberasi Sferis

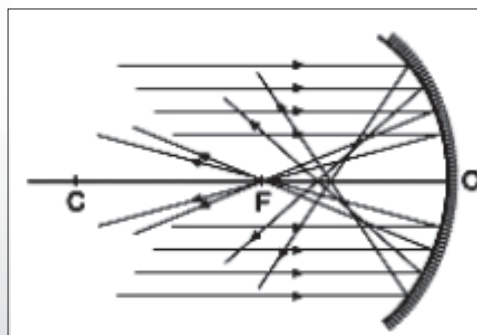
Untuk lensa-lensa dengan permukaan melengkung (cekung atau cembung), semua sinar paralel akan difokuskan pada satu titik fokus, yakni titik fokus utama yang berjarak sesuai dengan panjang fokus utama dan membentuk bayangan yang tajam. Ketidakmampuan lensa mengumpulkan sinar di satu titik ini disebut dengan aberasi.

Aberasi sferis terjadi karena titik fokus sinar terletak jauh dari sumbu utama lensa atau cermin sehingga jaraknya berbeda dengan titik fokus sinar yang lewat dekat sumbu utama lensa atau cermin yang memiliki panjang gelombang sama. Dalam peruntukan sinar-sinar, pemantulan sinar-sinar terjadi

dari garis vertikal, tidak berasal dari permukaan cermin atau lensa yang melengkung. Persamaan cermin/lensa juga mengasumsikan bahwa semua pemantulan terjadi dari bidang yang tegak lurus terhadap sumbu utama yang melalui cermin atau lensa. Namun, sinar-sinar tersebut nyatanya dipantulkan oleh cermin atau lensa itu sendiri, sehingga hanya sinar-sinar sejajar sumbu utama yang dipantulkan melalui titik fokus, sedangkan sinar-sinar yang lain mengumpul pada titik dekat cermin/lensa seperti terlihat pada Gambar 21.1. Bayangan yang dibentuk oleh sinar-sinar sejajar di cermin bundar yang besar merupakan sebuah cakram, bukan suatu titik, sehingga bersifat kabur. Gejala kesalahan pembentukan bayangan akibat kelengkungan sistem optik ini disebut aberasi sferis. Aberasi sferis dapat terjadi pada cermin cekung dan lensa.

## B. Aberasi Sferis pada Cermin Cekung

Aberasi sferis pada cermin merupakan ketidakmampuan cermin cekung untuk membentuk bayangan benda yang tajam (bagus, terfokus). Hal ini berkaitan dengan sinar-sinar sejajar yang tidak tepat melewati fokus utama saat dipantulkan oleh permukaan cermin cekung. Dalam melukis bayangan suatu benda yang dibentuk oleh cermin cekung, digunakan tiga sinar istimewa, salah satu dari tiga sinar tersebut adalah sinar yang sejajar sumbu utama. Dalam hal ini, hanya sinar-sinar yang dekat sumbu utama (sinar-sinar paraksial) yang dipantulkan tepat melalui fokus utama. Sinar-sinar yang jauh dari sumbu utama tidak dipantulkan tepat melalui fokus utama, tetapi memotong sumbu utama di suatu titik di antara fokus utama  $F$  dan verteks  $O$  seperti diperlihatkan gambar 21.2. Hal inilah yang menyebabkan bayangan benda menjadi tidak tajam.

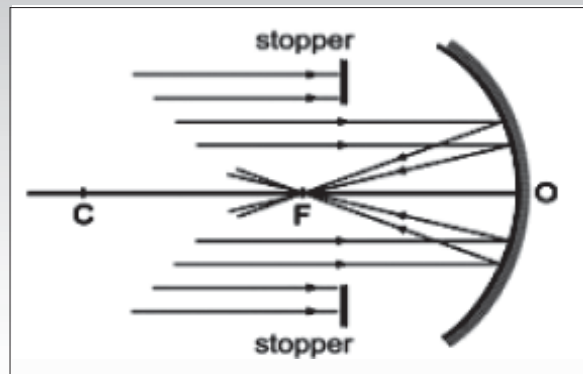


Gambar 21.2

**Aberasi sferis: Sinar-sinar yang jauh dari sumbu utama tidak dipantulkan tepat melalui fokus utama. (Sumber : [www.e-dukasi.net/modul online fisika](http://www.e-dukasi.net/modul_online_fisika) /pustekom,2005)**

Aberasi sferis pada cermin dapat dihilangkan dengan menggunakan stopper yang berfungsi menghalangi sinar-sinar yang jauh dari sumbu utama sehingga sinar-sinar yang masuk ke cermin cekung hanyalah sinar - sinar paraksial,

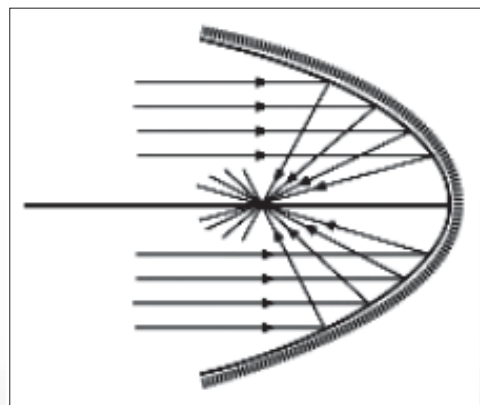
seperti tampak pada Gambar 21.3. Untuk mendapatkan bayangan yang sangat tajam, biasanya digunakan cermin parabola. Pada cermin parabola, semua sinar sejajar yang mendatangi cermin dapat diarahkan melewati fokus utama saat dipantulkan seperti pada Gambar 21.4



**Gambar 21.3**

**Menghilangkan aberasi sferis menggunakan stopper**

(Sumber : [www.e-dukasi.net/modul online fisika /pustekom,2005](http://www.e-dukasi.net/modul_online_fisika_pustekom,2005)),



**Gambar 21.4**

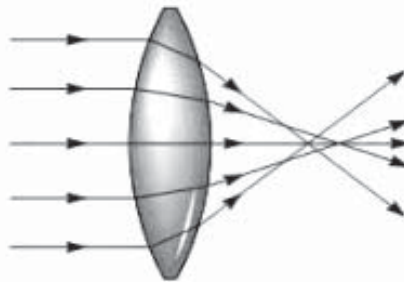
**Cermin parabola mengarahkan semua sinar sejajar yang mendatangi cermin agar dipantulkan melewati fokus utama. (Sumber : [www.e-dukasi.net/modul online fisika /pustekom,2005](http://www.e-dukasi.net/modul_online_fisika_pustekom,2005))**

Karena tajamnya dalam memfokuskan sinar, cermin parabola dapat digunakan untuk memanaskan benda-benda, yakni pada saat sinar yang difokuskan itu adalah sinar matahari. Untuk alasan inilah, cermin parabola telah digunakan pada teleskop. Namun, beberapa teleskop terbaru menggunakan cermin bundar dan cermin kedua dengan bentuk khusus atau lensa untuk mengurangi aberasi.



### C. Aberasi Sferis pada Lensa

Apa yang sudah kita bicarakan tentang pembentukan bayangan pada lensa tipis sejauh ini adalah pembentukan bayangan oleh sinar-sinar paraksial atau sinar-sinar yang dekat dengan sumbu utama lensa sehingga bayangan yang terbentuk terkesan sangat jelas dan tajam. Pada kenyataannya, bayangan yang dibentuk oleh lensa tidak selalu tajam, tetapi bisa saja terlihat kabur (buram). Cacat bayangan seperti ini disebabkan oleh berkas sinar yang jauh dari sumbu utama tidak dibiarkan sebagaimana yang diharapkan, yakni melalui titik fokus utama. Berkas sinar sejajar yang jauh dari sumbu utama dibiarkan lensa tidak tepat di fokus utama, tetapi cenderung untuk mendekati pusat optik seperti terlihat pada Gambar 21.5. Semakin jauh dari sumbu utama, berkas sinar sejajar ini akan semakin mendekati pusat optik lensa. Cacat inilah yang disebut aberasi sferis.



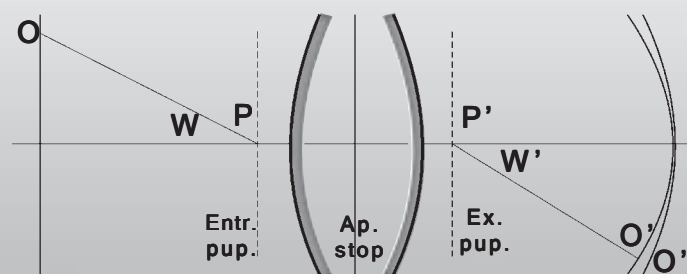
**Gambar 21.5**

**Aberasi sferis** Berkas sinar sejajar yang jauh dari sumbu utama dibiarkan lensa tidak tepat di fokus utama, tetapi cenderung untuk mendekati pusat optik.

(Sumber: Serway,2004)

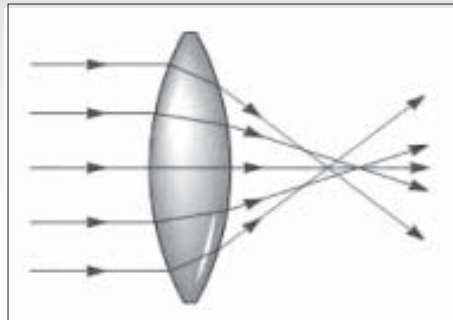
Selain aberasi sferis, dikenal juga beberapa cacat lensa yang lain seperti astigmatisme, distorsi, dan aberasi kromatis.

Astigmatisme adalah kelainan pembentukan bayangan dari suatu benda titik yang jauh dari sumbu utama. Bayangan dari benda titik tidak berupa titik, tetapi dapat berupa ellips, lingkaran atau garis seperti pada Gambar 21.6. Bayangan yang terbentuk ada dua, yakni bayangan primer dan sekunder.



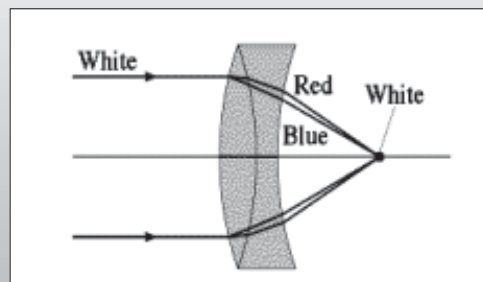
**Gambar 21.6 lensa Astigmatisme** (Sumber: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Distorsi atau kelengkungan medan terjadi bila bayangan dari suatu benda yang datar (pipih) yang jauh dan tidak terletak pada sumbu utama lensa tampak melengkung seperti pada Gambar 21.6. Sementara aberasi kromatis terjadi bila berkas sinar polikromatik yang melewati lensa tidak hanya dibiaskan, tetapi juga diuraikan warna-warni seperti warna pelangi. Setiap warna akan mempunyai titik fokus yang berbeda-beda, yakni warna merah mempunyai fokus paling jauh dan warna ungu mempunyai fokus paling dekat ke pusat optik seperti pada Gambar 21.6.



**Gambar 21.7 Aberasi sferis** Berkas sinar sejajar yang jauh dari sumbu utama dibiaskan lensa tidak tepat di fokus utama, tetapi cenderung untuk mendekati pusat optik. (Sumber: Serway,2004)

Aberasi sferis pada kamera yang murah dapat dikurangi hanya dengan menggunakan pusat lensa. Pada alat-alat yang lebih mahal, aberasi sferis dikurangi dengan cara menggunakan banyak lensa, umumnya lima atau lebih, untuk membentuk bayangan yang tepat, baik dan tajam. Lensa mempunyai cacat kedua yang tidak terjadi pada cermin. Tapi lensa dapat dianggap sebagai prisma, dan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dibengkokkan dengan sudut yang berbeda, seperti terlihat pada Gambar 21.8. Jadi cahaya yang melalui lensa, khususnya yang dekat tepi hanya sedikit terurai. Benda yang dilihat lewat lensa tersebut tampak dikelilingi cincin warna. Pengaruh ini disebut aberasi kromatis. Istilah “kromatik” berasal dari Yunani “Chromo” yang berarti “berkaitan dengan warna”.



**Gambar 21.8**  
**Aberasi Kromatis**

Aberasi kromatik selalu terjadi pada saat lensa tunggal digunakan, tetapi cacat ini dapat dikurangi dengan menggabungkan lensa cembung dengan lensa cekung yang mempunyai indeks bias yang berbeda. Kombinasi seperti ini ditunjukkan pada gambar 21.9. Kedua lensa menguraikan cahaya tetapi peruraian yang disebabkan oleh lensa pengumpul hampir dinetralkan oleh peruraian yang disebabkan lensa penyebar. Indeks bias lensa menyebar dipilih supaya kombinasi kedua lensa tersebut tetap mengumpulkan cahaya. Lensa yang dibentuk dengan cara seperti ini disebut lensa kromatik. Semua alat-alat optik yang diteliti menggunakan lensa kromatik.

### Latihan

1. Apakah yang dimaksud dengan aberasi?
2. Berikan contoh-contoh akibat aberasi!
3. Apakah yang dimaksud dengan aberasi sferis?
4. Bagaimana pengaruh aberasi pada kamera? Bagaimana cara mengatasinya?

### Rangkuman

1. Sinar cahaya sejajar sumbu utama yang datang dari jauh tidak dipantulkan oleh cermin sferis untuk mengumpulkan pada titikfokus. Cacat ini disebut aberasi sferis.
2. Lensa mempunyai aberasi sferis karena sinar-sinar sejajar yang jatuh dekat tepi lensa tidak difokuskan pada satu titik.
3. Lensa juga memfokuskan cahaya yang panjang gelombangnya berbeda(warna berbeda) pada tempat yang berbeda. Hal ini disebut aberasi kromatik.

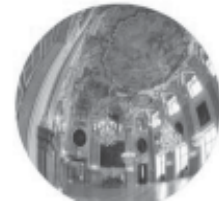
## Lembar PowerPoint 20.3



### ABERASI LENSA

#### Pertanyaan

- Apakah yang terjadi pada foto di samping?
- Mengapa hal ini terjadi?



#### KOMPETENSI DASAR

- menganalisis aberasi lensa

#### INDIKATOR

- menjelaskan aberasi lensa,
- mendeskripsikan aberasi sferis pada cermin cekung,
- mendeskripsikan aberasi sferis dan kromatis pada lensa
- membedakan aberasi sferis dan aberasi kromatis, dan
- menjelaskan cara mengatasi aberasi sferis dan aberasi kromatis.

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Kerja berpasangan
- Presentasi
- Penguatan
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Kerja Mandiri
- Refleksi

#### Kerja Berpasangan

- Mahasiswa-mahasiswi berpasangan.
- Menjawab pertanyaan:
  - Apakah aberasi lensa itu?
  - Mengapa aberasi lensa dapat terjadi?

## Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusinya
- Kelompok lain menanggapi

## Aberasi

- Cacat bayangan yang dihasilkan oleh lensa



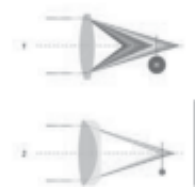
## Aberasi

- Akibat aberasi bayangan menjadi tidak tajam



## Mengapa Aberasi?

- Ketidakmampuan lensa untuk memfokuskan semua sinar pada satu titik



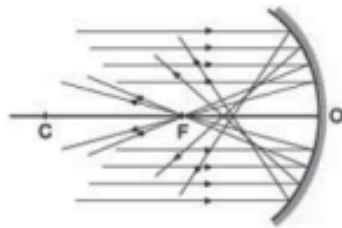
## Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi membentuk kelompok kecil
- Diskusi kelompok dengan panduan LK 21.1

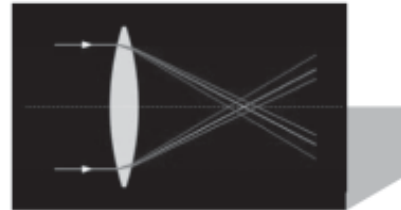
## Presentasi

- Perwakilan pasangan mempresentasikan hasil kerjanya
- Pasangan lain menanggapi

## Aberasi Sferis



## Aberasi Kromatis



## Mengatasi Aberasi

- Menggunakan banyak lensa



## Penilaian

- Kerjakan soal-soal yang terdapat pada lembar penilaian 21.4

## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

## Tindak lanjut

- Kembangkan artikel tentang aberasi lensa
- Dikumpulkan minggu depan

## Lembar Penilaian 21.4



### Tes Tulis

1. Apakah aberasi lensa itu?
2. Tunjukkan contoh-contoh nyata pengaruh aberasi lensa!
3. Jelaskan terjadinya aberasi pada cermin cekung! Bagaimana cara mengatasinya?
4. Jelaskan perbedaan antara aberasi sferis dan aberasi kromatis!
5. Bagaimana mengatasi terjadinya aberasi sferis pada lensa?
6. Bagaimana cara mengatasi terjadinya aberasi kromatis pada lensa?
7. Apakah aberasi dapat terjadi pada mata manusia?

## Daftar Pustaka

- Duncan, Tom. 1977. *Physics For Today and Tomorrow* . London: John Murray.
- Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications* (5<sup>th</sup> Ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Hademenos, G.J (ed.). 2000. *Schaum's Easy Outline College Physics*. New Jersey: McGraw-Hill.
- Modul Fisika (Online: [http://www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php), diakses 2 Desember 2007).
- Modul Fisika (Online: [http://www.wordpress.co.2008/modul\\_alat\\_optik.pdf/file\\_arifkristanto](http://www.wordpress.co.2008/modul_alat_optik.pdf/file_arifkristanto) , diakses: tanggal 13 Maret 2008).
- Modul General Physics (Online: <http://www.nvcc.edu/phy232/lectures.html>, diakses pada 24 Maret 2008).
- Serway.J. 2004. *Physics for Scientist and Engineers*. Thomson Brooks/Cole.
- Suryanti, dkk. 2003. *Konsep dasar IPA-Fisika SD untuk Program Studi D2 PGSD* Surabaya: UNESA University Press



## Paket 22

# LISTRIK STATIS

## Pendahuluan



Perkuliahan pada Paket 22 ini akan difokuskan pada konsep listrik statis. Untuk itu, kajian dalam paket ini meliputi muatan, gaya listrik antar muatan dan medan listrik. Pembahasan juga meliputi medan listrik yang ditimbulkan oleh beberapa muatan listrik.

Dalam paket ini, perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi pentingnya mempelajari masalah listrik statis. Berikutnya, mahasiswa diberikan kesempatan untuk membangun konsep tentang listrik statis melalui eksperimen dan diskusi dengan dipandu LK 22.1. Akhirnya dosen perlu memberikan penjelasan tentang konsep listrik statis dengan memanfaatkan slide *powerpoint*. Dosen diharapkan juga memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk menanyakan hal-hal yang sulit.

Agar perkuliahan dapat berjalan dengan baik, satu minggu sebelumnya mahasiswa perlu diberi tugas membaca modul (materi) perkuliahan yang akan dibahas, menyediakan busur derajat, penggaris cm, pensil, dan kertas putih juga kalkulator. Lebih penting lagi adalah dengan mengikuti uraian dan melaksanakan semua arahan, latihan dan tugas yang ada pada modul ini secara sungguh-sungguh serta mencocokkan jawaban dengan kunci tugas. Ujung keberhasilan mempelajari modul ini adalah mahasiswa dapat menempuh Tes Akhir modul dengan baik.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menerapkan konsep listrik statis

### Indikator:

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. menjelaskan proses terjadinya muatan listrik,
2. mendeskripsikan berbagai cara untuk memperoleh listrik statis,
3. menerapkan konsep kelistrikan untuk memahami gejala-gejala listrik statis,
4. menghitung gaya Coulomb, dan
5. menghitung kuat medan listrik.

### Materi Pokok

- Konsep Listrik Statis
- Hukum Kekekalan Muatan
- Kuat Medan Listrik

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 22.1.A, 22.1.B, 22.1.C dan 22.1.D
2. Lembar Uraian Materi 22.2
3. Lembar *PowerPoint* 22.3
4. Lembar Penilaian 22.4, dan
5. Alat dan Bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
7'	<p><b>Kegiatan Awal</b></p> <p>1. Dosen mendemonstrasikan gaya listrik dengan menggunakan penggaris mika dan potongan kertas kecil.</p> <p>Apakah yang menyebabkan terjadinya gerakan-gerakan pada potongan kertas tersebut?</p>	Tanya Jawab	Slide PowerPoint 22.3
3'	<p>2. Dosen memberikan motivasi dan menyampaikan tujuan serta langkah-langkah perkuliahan.</p>	Ceramah	Slide PowerPoint 22.3
15'	<p><b>Kegiatan Inti</b></p> <p>1. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 4 kelompok. Kelompok 1 bekerja dengan panduan LK 22.1.A, Kelompok 2 bekerja dengan panduan LK 22.1.B, Kelompok 3 bekerja dengan panduan LK 22.1.C dan Kelompok 4 bekerja dengan panduan LK 22.1.D. Uraian materi 22.2 disarankan menjadi bacaan pendukung ketika kelompok melakukan eksperimen.</p>	Eksperimen	Lembar Kegiatan 22.1.A, 22.1.B, 22.1.C dan 22.1.D Uraian materi 22.2
25'	<p>2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.</p>	Presentasi	
10'	<p>3. Dosen menjelaskan konsep listrik statis dan contoh-contohnya.</p>	Ceramah	Slide PowerPoint 22.3
15'	<p>4. Mahasiswa-mahasiswi menanyakan hal-hal yang belum jelas.</p>	Tanya Jawab	

1	2	3	4
10'	5. Dosen mengevaluasi pencapaian kompetensi mahasiswi-mahasiswa secara individu.	Penilaian	Lembar Penilaian 22.4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen dan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang jalannya perkuliahan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 22.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen memberikan tugas mandiri kepada mahasiswi-mahasiswa membuat kesimpulan materi dan memberikan tugas membaca dan memahami materi perkuliahan minggu berikutnya.	Ceramah	

## Lembar Kegiatan 22.1.A



# TERJADINYA MUATAN LISTRIK PADA BENDA

## Pengantar

Bagian paling dasar kelistrikan adalah dengan mengenali muatan listrik dan sifat-sifatnya. Memahami muatan listrik akan mempermudah dalam mempelajari masalah-masalah listrik pada bagian berikutnya.

## Tujuan

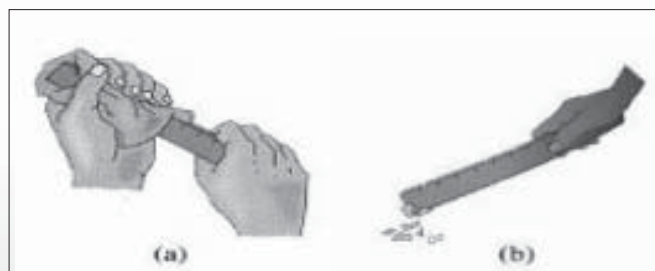
Menganalisis terjadinya muatan listrik pada benda

## Alat dan Bahan

- 1 buah penggaris plastik baru
- 1 potong kain wol
- Potongan kertas kecil-kecil

## Langkah kegiatan

1. Gosok-gosoklah penggaris plastik pada kain wol!
2. Dekatkan dengan segera penggaris plastik yang telah digosok tersebut pada potongan-potongan kecil kertas (lihat Gambar 22.1).
3. Amati yang terjadi pada potongan kertas!



**Gambar 22.1(a)**  
Penggaris digosok dengan kain dan (b) penggaris yang telah digosok didekatkan pada potongan-potongan kertas kecil (e-dukasi.net.com,2007).

## Analisis

- Prediksikan mengapa beberapa saat kemudian kertas lepas dari penggaris?
- Ke mana muatan pergi?

## Lembar Kegiatan 22.1.B



# PEMBUKTIAN HUKUM COULOMB

### Tujuan

Membuktikan Hukum Coulomb tentang muatan listrik pada benda.

### Alat dan Bahan

- 2 buah penggaris plastik (usahakan relatif baru)
- 2 buah batang kaca
- 1 potong kain wol
- 1 potong kain sutera
- 1 buah statif
- benang

### Langkah kegiatan

1. Gantungkan salah satu penggaris plastik pada statif melalui seutas benang! Kemudian gosoklah salah satu ujung penggaris tersebut keras-keras dengan kain wol.
2. Sesaat kemudian, gosoklah penggaris yang lain pada salah satu ujungnya secara keras dengan kain wol. Dekatkan pada ujung penggaris pertama yang telah digosok. Amati dan catatlah hasilnya pada tabel data!
3. Dengan cara yang sama, lakukanlah untuk batang kaca yang digosok dengan kain sutera!
4. Sekarang, gosoklah kembali salah satu ujung penggaris plastik yang telah digantungkan pada statif tersebut dengan kain wol, kemudian gosoklah salah satu ujung batang kaca dengan kain sutera dan dekatkan pada ujung penggaris bermuatan tersebut! Amati dan catatlah hasilnya pada tabel data!
5. Buatlah kesimpulan berdasarkan data yang Anda peroleh!

## Lembar Kegiatan 22.1.C

# CARA MEMBERI MUATAN LISTRIK BENDA

### Tujuan

Menganalisis timbulnya muatan listrik pada benda.

### Alat dan Bahan

- 1 buah penggaris plastik baru
- 1 potong kain wol
- 1 buah elektroskop

### Langkah Kerja

1. Buatlah elektroskop sederhana dari botol plastik air mineral sebagai peti kaca, grenjeng rokok sebagai daun-daun elektroskop, dan paku besar sebagai batang konduktor.
2. Ujilah elektroskop buatan Anda tersebut dengan jalan memuati dengan cara “induksi” dan “konduksi” menggunakan kertas transparansi yang digosok dengan kain, amati yang terjadi dan simpulkan hasilnya!
3. Gosok-gosoklah ujung penggaris plastik baru dengan kain wol. Sentuhkan ujung penggaris tersebut ke bola logam elektroskop dan lihat daun-daunnya.
4. Buatlah gambar untuk menjelaskan hasil tersebut!
5. Sentuh bola logam elektroskop dengan tangan sehingga daun-daun elektroskop mengempis. Apakah Anda menyangka bahwa kain wol dapat menggerakkan daun-daun elektroskop? Mengapa? Coba deskripsikan dan jelaskan hasilnya!
6. Analisis hasil dan buatlah simpulan!

## Lembar Kegiatan 22.1.D

# MENGIDENTIFIKASI SIFAT KONDUKTOR & ISOLATOR LISTRIK BENDA

### Tujuan

Mengidentifikasi sifat konduktor dan isolator muatan listrik pada benda

### Alat dan Bahan

- 1 buah elektrooskop
- 1 buah penggaris baru
- 1 potong kain wol

### Langkah Kerja

1. Siapkan elektrooskop sederhana yang telah dibuat.
2. Lakukan prediksi sifat benda yang dimulai dengan daun-daun elektrooskop kempis.
3. Prediksikan apa yang terjadi jika ujung penggaris plastik yang bermuatan didekatkan (tapi tidak menyentuh) pada bola logam elektrooskop.
4. Ujilah sifat benda dengan cara menggosok ujung penggaris dengan kain wol dan mendekatkannya (tidak menyentuh) pada bola logam elektrooskop!
5. Gambarkan dan jelaskan hasil yang Anda peroleh, lakukan analisis dan buat kesimpulan Anda!



## Uraian Materi 22.2

# LISTRIK STATIS

### A. Muatan Listrik

Istilah muatan listrik pertama kali diperkenalkan oleh fisikawan Benyamin Franklin (1706-1790) dengan menggunakan botol Leyden. Ia menerbangkan layang-layang ketika banyak terjadi kilat. Melalui tali layang-layang yang dilapisi logam ia berhasil mengalihkan muatan listrik ke dalam botol tersebut.

Muatan listrik suatu benda terjadi karena susunan partikel benda yang terdiri dari molekul-molekul dan atom, yang di dalamnya terdapat proton dan elektron dalam jumlah tertentu. Sesuai dengan teori Thomson, Rutherford dan Bohr, atom terdiri dari muatan positif dan negatif. Muatan positif dinamakan proton dalam inti, dan muatan negatif dinamakan elektron yang bergerak mengelilingi inti. Berdasarkan temuan percobaan Milikan diperoleh muatan terkecil sebesar  $e = 1,6 \times 10^{10}$  Coulomb. Jika proton dan elektron jumlahnya sama, maka benda dikatakan bermuatan netral. Sebaliknya benda bermuatan negatif bila jumlah elektron lebih besar dibandingkan proton. Benda bermuatan positif bila jumlah proton lebih besar dibandingkan elektron. Proses seperti ini terjadi ketika atom membentuk ion dengan cara melepas atau menangkap elektron.

### Terjadinya Muatan Listrik Statis pada Benda

Kata listrik berasal dari bahasa Yunani elektron yang berarti amber, merupakan damar yang membatu. Jika kita menggosok batang amber dengan sepotong kain, maka amber akan menarik potongan daun kecil-kecil atau debu. Batang kaca atau penggaris plastik jika digosok dengan sepotong kain akan menunjukkan efek amber atau listrik statis. Efek ini juga dapat terjadi ketika kita menyisir rambut atau ketika menyeterika baju nilon, menyebabkan suatu benda bermuatan listrik karena proses gosokan dan dikatakan benda memiliki muatan listrik. Muatan listrik pada benda dipengaruhi oleh atom penyusunnya yang membentuk ion. Proses ionisasi terjadi karena beberapa hal seperti karena induksi, pengaruh energi luar baik melalui gesekan, pemanasan, dan sebagainya.

### Jenis Muatan Listrik

Dengan menggunakan elektroskop kita dapat mengenali muatan listrik dengan cara berikut.

- Dalam keadaan netral daun elektroskop akan menutup atau terkulai ke bawah.

- Kita dapat memilih 4 jenis batang, yaitu batang plastik yang telah digosok dengan kain wool, batang kaca yang telah digosok kain sutera, dan 2 batang logam lagi yang telah diberi muatan berbeda, positif, dan negatif.
- Ketika kedua penggaris plastik yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menjahui satu sama lain seperti pada gambar 22.1a.
- Ketika kedua penggaris plastik yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menolak satu sama lain seperti pada gambar 22.1a.
- Ketika kedua batang kaca yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menolak satu sama lain seperti pada gambar 22.1b.
- Ketika penggaris plastik yang telah dimuati didekatkan dengan batang kaca yang telah dimuati saling didekatkan, maka keduanya saling menarik satu sama lain seperti pada gambar 22.1c.



Gambar 22.2

### Muatan Sejenis dan Tak Sejenis

**Muatan yang tidak sejenis tarik menarik, sedangkan muatan yang sejenis saling tolak menolak (Giancoli, 1998)**

Karena itu, muatan pada batang kaca harus berbeda dengan muatan pada penggaris plastik. Setiap benda bermuatan yang ditarik oleh penggaris plastik, akan ditolak oleh batang kaca, atau setiap benda yang ditolak oleh penggaris plastik, akan ditarik oleh batang kaca. Jadi, terdapat dua jenis muatan listrik, yaitu muatan yang ditolak batang kaca bermuatan, dan muatan yang ditarik batang kaca bermuatan. Dua jenis muatan listrik tersebut dinyatakan oleh seorang saintis dan filosof Amerika, yang bernama Benjamin Franklin (1706-1790) sebagai muatan positif dan muatan negatif. Franklin memilih muatan pada batang kaca yang digosok adalah muatan positif, sedangkan muatan pada penggaris plastik yang digosok (atau amber) adalah muatan negatif. Sampai sekarang kita masih mengikuti perjanjian ini.

### Hukum Kekekalan Muatan Listrik

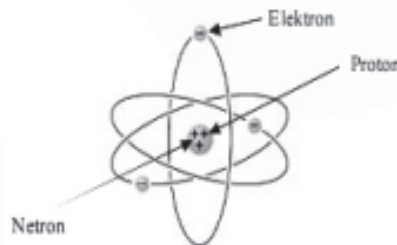
Menurut Franklin, jumlah muatan yang dihasilkan oleh suatu benda melalui suatu proses penggosokan adalah sama dengan jumlah muatan positif dan negatif yang dihasilkan. Jumlah bersih muatan yang dihasilkan oleh suatu benda selama proses penggosokan adalah nol. Contoh, ketika penggaris plastik digosok dengan kain wol, plastik memperoleh muatan negatif dan kain

wol memperoleh muatan positif dengan jumlah yang sama. Muatan-muatan tersebut dipisahkan, namun jumlah kedua jenis muatan adalah sama. Ini adalah contoh dari suatu hukum yang berlaku sampai sekarang, yang dikenal dengan nama hukum kekekalan muatan listrik yang berbunyi: Jumlah bersih muatan listrik yang dihasilkan pada dua benda yang berbeda (penggaris plastik dan kain wol) dalam suatu proses penggosokan adalah nol.

Jika suatu benda atau suatu daerah ruang memperoleh muatan positif, maka akan dihasilkan sejumlah muatan negatif dengan jumlah yang sama pada daerah atau benda di sekitarnya.

### Muatan Listrik dalam Suatu Atom

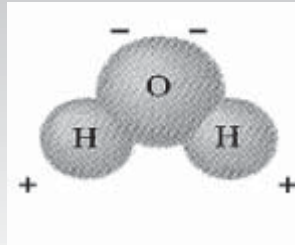
Gambar 22.3 memperlihatkan model atom sederhana, terdiri dari muatan positif di dalam inti, dikelilingi satu atau lebih elektron. Inti berisi proton-proton bermuatan positif, dan neutron yang tidak bermuatan listrik. Besarnya muatan proton dan elektron adalah sama, tetapi tandanya berlawanan. Karena itu atom-atom netral berisi proton-proton dan elektron-elektron dengan jumlah yang sama. Meskipun demikian, suatu atom kadang-kadang akan kehilangan satu atau lebih elektron, atau akan memperoleh elektron-elektron ekstra. Pada kasus ini, atom akan bermuatan positif atau negatif, dan disebut ion.



**Gambar 22.3.**  
**Model Atom Sederhana (Giancoli,1998)**

Umumnya, ketika benda diberi muatan melalui gosokan, benda-benda akan mempertahankan muatannya hanya sebentar, kemudian kembali ke keadaan netral. Hal ini karena dinetralkan oleh ion-ion bermuatan di udara (misalnya, oleh tumbukan dengan partikel-partikel bermuatan, yang kita kenal sebagai sinar kosmik dari ruang angkasa yang mencapai bumi). Atau adanya pelepasan muatan benda ke inti air di udara, karena molekul-molekul air adalah polar, meskipun molekul-molekul air tersebut adalah netral. Hal ini karena muatan dalam molekul-molekul air tidak terdistribusikan secara seragam sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 22.4. Jadi elektron-elektron ekstra pada penggaris plastik, dapat lepas ke udara karena ditarik menuju molekul-molekul positif air. Di sisi lain, benda-benda yang dimuati secara positif, dapat dinetralkan oleh hilangnya

(berpindah) elektron-elektron air dari molekul-molekul udara ke benda-benda bermuatan positif tersebut. Pada udara kering, listrik statis lebih mudah diperoleh karena udara berisi lebih sedikit molekul-molekul yang dapat berpindah. Pada udara lembab, adalah sulit untuk membuat benda bermuatan tahan lama.



**Gambar 22-4.**

**Sebuah molekul air yang polar karena muatannya tidak terdistribusi seragam (mempunyai muatan berlawanan pada ujung yang berbeda) (Giancoli, 1998)**

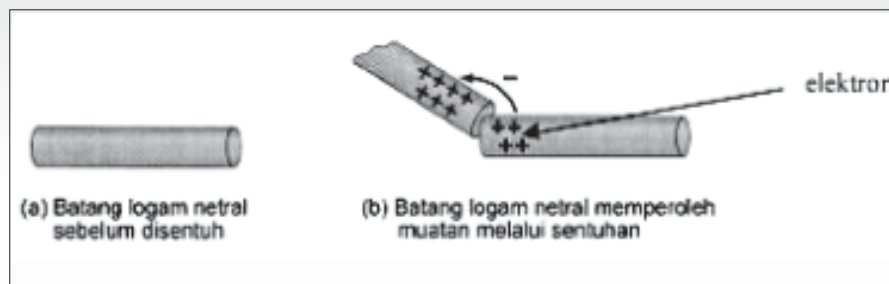
### **Isolator dan Konduktor Listrik**

Jika kita memiliki dua jenis batang logam, salah satu bermuatan listrik sangat tinggi, sedangkan yang lainnya bermuatan listrik netral. Bila kita menyentuhkan ujung besi pada kedua batang logam tersebut, batang besi yang semula tidak bermuatan listrik tiba-tiba menjadi bermuatan listrik. Sebaliknya bila kedua batang besi kita sentuhkan bersamaan dengan batang kayu atau lembaran plastik, batang besi yang semula tidak bermuatan listrik tetap tidak bermuatan. Bahan-bahan yang bersifat seperti batang besi disebut konduktor (penghantar) listrik, sementara bahan seperti kayu dan plastik disebut isolator. Logam pada umumnya termasuk konduktor listrik yang baik, sementara hampir semua bahan alam termasuk isolator listrik (meskipun bahan isolator dapat menghantarkan listrik kecil sekali). Bahan-bahan seperti silikon, germanium, dan karbon mampu menghantarkan listrik sedang, disebut semikonduktor

Dari gambaran atom-atom didalamnya, elektron-elektron dalam bahan isolator listrik terikat sangat kuat pada inti atom. Sedangkan dalam bahan konduktor listrik yang baik elektron terikat lemah pada inti atom sehingga dapat bergerak bebas di dalam bahan (meskipun mereka tidak dapat meninggalkan logam secara mudah). Bila bahan bermuatan positif bersentuhan dengan bahan konduktor listrik, maka elektron-elektron bebas akan ditarik oleh muatan positif tersebut dan bergerak cepat menuju muatan positif tersebut. Di lain pihak, elektron bebasnya bergerak lambat meninggalkan (menjauhi) muatan negatifnya. Dalam bahan semikonduktor terdapat elektron-elektron bebas sangat sedikit, sementara dalam bahan isolator sama sekali tidak ada elektron bebas.

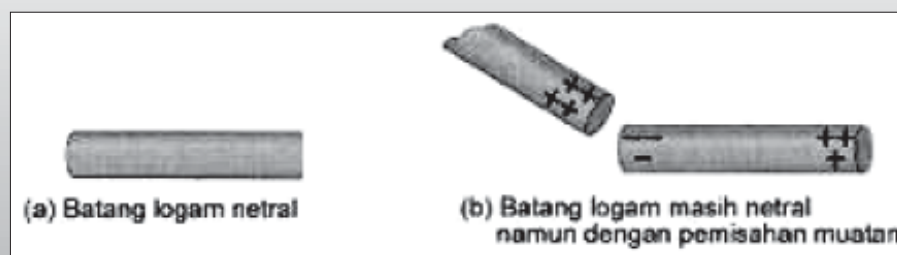
### Cara Memperoleh Muatan Listrik

Bila sebuah benda logam bermuatan positif disentuhkan kepada benda logam lain yang tidak bermuatan (netral), maka elektron-elektron bebas dalam logam yang netral akan ditarik menuju logam yang bermuatan positif tersebut sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 22.5. Karena sekarang logam kedua tersebut kehilangan beberapa elektronnya, maka logam ini akan bermuatan positif. Proses demikian disebut memperoleh muatan dengan cara konduksi atau dengan cara kontak, dan akhirnya kedua benda tersebut memiliki muatan dengan tanda yang sama.



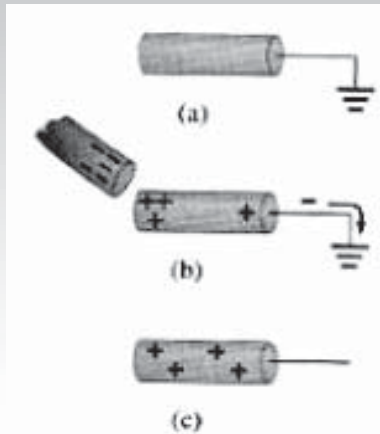
**Gambar 22.5 Muatan Listrik pada Logam  
Cara Logam Memperoleh Muatan Secara Sentuhan (konduksi)  
(Giancoli,1998)**

Bila benda yang bermuatan positif didekatkan kepada batang logam yang netral, tetapi tidak bersentuhan, maka elektron-elektron batang logam tidak meninggalkan batang, namun elektron-elektron tersebut bergerak dalam logam menuju benda yang bermuatan, dan meninggalkan muatan positif pada ujung yang berlawanan, seperti diperlihatkan pada Gambar 22-6. Muatan tersebut dikatakan telah diinduksikan pada kedua ujung batang logam. Proses demikian disebut memberikan muatan listrik dengan cara induksi. Tentu saja tidak ada muatan yang dihasilkan dalam batang, namun muatan hanya dipisahkan. Jumlah muatan pada batang logam masih sama dengan nol. Meskipun demikian, jika dipotong menjadi dua bagian, kita akan memiliki dua benda yang bermuatan, satu bermuatan positif dan yang lain bermuatan negatif.



**Gambar 22.6  
Memberikan Muatan Listrik dengan Jalan Induksi**

Cara lain untuk menginduksi muatan pada benda logam adalah dengan menghubungkan logam tersebut menuju *ground* melalui kawat konduktor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 22.7a. Selanjutnya benda dikatakan



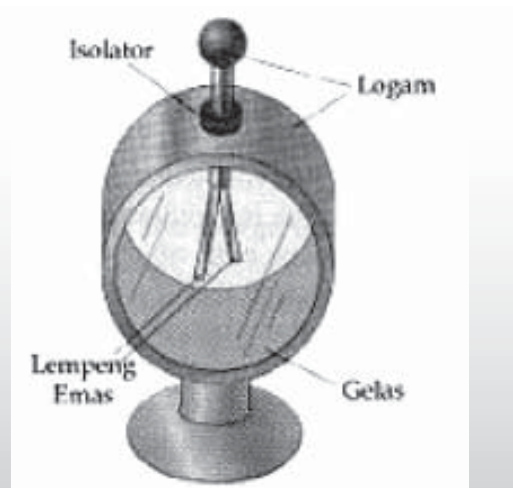
**Gambar 22.7**  
Induksi Muatan pada Suatu Benda yang dihubungkan ke Bumi (Giancoli, 1998)

di “ground-kan” atau “dibumikan”. Karena bumi sangat besar dan dapat menyalurkan elektron, maka bumi dengan mudah dapat menerima atau memberi elektron-elektron. Karena itu dapat bertindak sebagai penampung (reservoir) untuk muatan listrik. Jika suatu benda bermuatan negatif didekatkan ke sebuah logam, maka elektron-elektron bebas dalam logam akan menolak dan beberapa elektron akan bergerak menuju bumi melalui kabel seperti terlihat pada Gambar 22.7b.

Ini menyebabkan logam bermuatan positif. Jika sekarang kabel dipotong, maka logam akan memiliki muatan induksi positif seperti pada Gambar 22.7c.

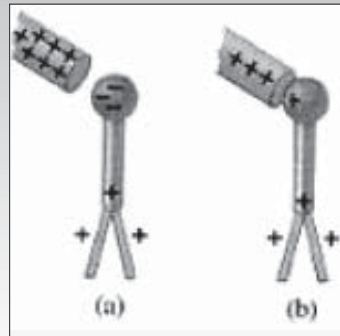
### Cara Mendeteksi Muatan Listrik

Elektroskop atau elektrometer sederhana adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan. Sebagaimana diperlihatkan Gambar 22.8, di dalam sebuah peti kaca terdapat dua buah daun elektroskop yang dapat bergerak (kadang-kadang yang dapat bergerak hanya satu daun saja), biasanya dibuat dari emas. Daun-daun elektroskop ini dihubungkan ke sebuah bola logam yang berada di luar peti kaca melalui suatu konduktor yang terisolasi dari peti. Apabila benda yang bermuatan positif didekatkan ke bola logam, maka terjadi pemisahan muatan melalui induksi. Elektron-elektron ditarik naik menuju bola, sehingga kedua daun elektroskop bermuatan positif dan saling tolak-menolak seperti pada Gambar 22.9a.



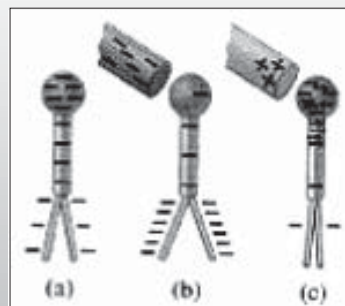
**Gambar 22.8** Alat Elektroskop (Giancoli, 1998)

Proses demikian disebut memberi muatan listrik dengan cara induksi. Sedangkan, jika bola diberi muatan listrik dengan cara konduksi, maka bola logam konduktor, dan kedua daun elektroskop memperoleh muatan positif, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 22.9b.



**Gambar 22.9 Muatan Listrik Induksi dan Deduksi  
Elektroskop diberi muatan listrik (a) dengan cara induksi,  
(b) dengan cara konduksi (Giabcoli,1998)**

Pada umumnya, makin besar muatan, makin lebar pemisahan daun-daun elektroskop. Namun dengan cara ini, kita tidak dapat menentukan tanda muatan karena dalam setiap kasus, kedua daun elektroskop saling menolak satu sama lainnya. Meskipun demikian, suatu elektroskop dapat digunakan untuk menentukan “tanda muatan” jika pertama-tama pemisahan muatan dilakukan dengan cara konduksi, misalnya secara negatif, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 22.10a. Sekarang, jika benda bermuatan negatif didekatkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22.10b, maka lebih banyak elektron diinduksi untuk bergerak ke bawah menuju daun-daun elektroskop sehingga kedua daun ini terpisah lebih lebar. Di sisi lain, jika muatan positif didekatkan, elektron-elektron akan diinduksi untuk bergerak ke atas, sehingga menjadi lebih negatif dan jarak pisah kedua daun ini menjadi berkurang (menjadi lebih sempit), seperti pada Gambar 22.10c.



**Gambar 22.10 Elektroskop  
Elektroskop pertama-tama diberi muatan listrik dapat digunakan untuk  
menentukan tanda suatu muatan yang diberikan (Giancoli,1998)**

### Hukum Coulomb

Muatan listrik sejenis akan saling tolak menolak, sedangkan muatan tidak sejenis akan saling tarik menarik. Gaya tarik atau gaya tolak antarmuatan listrik dinamakan gaya elektrostatis. Hubungan antara gaya elektrostatis benda bermuatan listrik dengan jaraknya pertama kali diselidiki oleh fisikawan Perancis Charles Coulomb.

Coulomb menggunakan neraca puntiran dalam percobaannya, menghasilkan fenomena : pada setiap jarak dan muatan berbeda menghasilkan simpulan berikut ini.

1. Gaya elektrostatis sebanding dengan muatan masing-masing
2. Gaya elektrostatis berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya

Secara matematis hukum Coulomb dituliskan dengan persamaan:

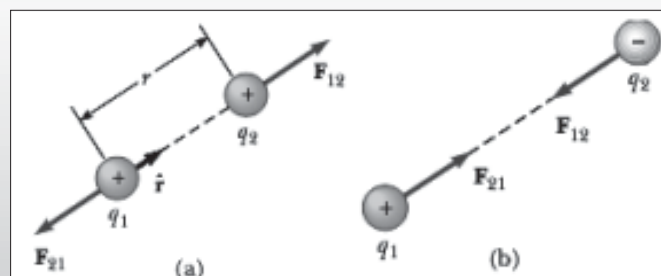
$$F_{AB} = \frac{kQ_A Q_B}{r^2} \quad (22-1)$$

$Q_A$  dan  $Q_B$  adalah muatan masing-masing benda ;  $r$  = jarak antara kedua muatan;  $k$  = konstanta. Dalam satuan Internasional SI harga  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$  untuk medium udara. Nilai  $k$  tergantung pada mediumnya yakni :

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon} \quad (22-2) \quad \text{dan} \quad \epsilon = K \cdot \epsilon_0 \quad (22-3)$$

$K$  adalah konstanta dielektrik;  $\epsilon_0$  = permitivitas udara =  $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Karena gaya adalah suatu besaran vektor, maka medan listrik juga merupakan besaran vektor yang mempunyai besar dan arah seperti pada Gambar 22.11.



Gambar 22.11

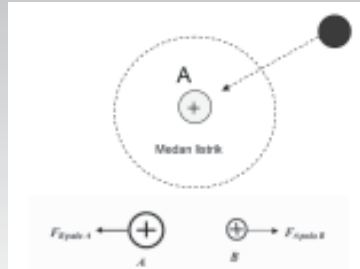
#### Gaya Tolak-Menolak dan Tarik-Menarik

Dua buah muatan yang terpisah pada jarak  $r$  akan memberikan gaya sesuai dengan Hukum Coulomb : (a) muatan sama, menimbulkan gaya tolak-menolak, (b) muatan berlawanan, menimbulkan gaya tarik-menarik (Sarway, 2004).



## B. Medan Listrik

Medan listrik adalah ruang di sekitar muatan listrik, di mana gaya elektrostatis masih berpengaruh seperti terlihat pada Gambar 22.12.



Gambar 22.12

Daerah Medan Listrik

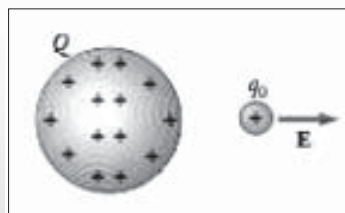
Titik B berada di dalam daerah medan listrik yang disebabkan oleh benda bermuatan A

Jika ada muatan mengalami tarikan/tolakan elektrostatis, maka ia berada dalam medan listrik. Jika tidak mengalami tarikan, maka ia berada pada ruang t atau  $V/m$ . Kuat medan listrik didefinisikan sebagai besar gaya elektrostatis persatuan muatan di titik itu dan diberi lambang  $E$  maka:

$$E = \frac{F}{q} \quad (22-4)$$

$$E = k \frac{Q \cdot q}{r^2} \times \frac{1}{q} = k \frac{Q}{r^2} \quad (22-5)$$

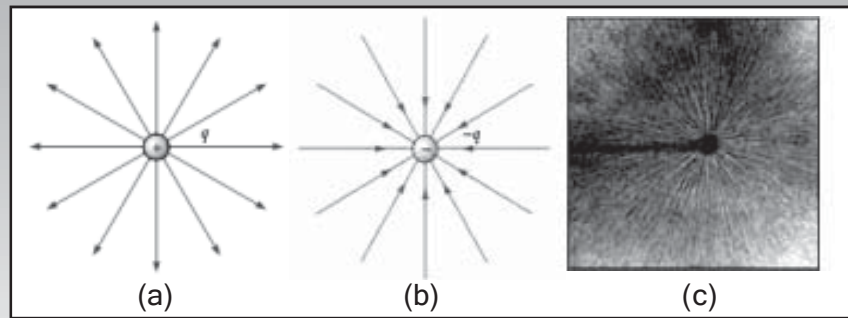
Arah medan listrik menjauhi muatan positif dan menuju muatan negatif seperti terlihat pada Gambar 22.13.



Gambar 22.13 Muatan dan Medan Listrik

Muatan listrik  $q_0$  diletakkan di dekat bahan bermuatan positif arah medan listrik  $E$  menjauhi muatan listrik positif (Sarway,2004)

Kuat medan listrik adalah besaran vektor. Bila terdapat banyak muatan, maka digunakan resultan vektor.



**Gambar 22.14 Garis Medan Listrik**

Garis medan listrik untuk : (a) muatan positif, arahnya menjahui muatan dan (b) muatan negatif, arahnya mendekati muatan listrik ; (c) daerah gelap merupakan medan listrik yang dihasilkan oleh muatan suatu konduktor (Sarway,2004)

Arah garis medan listrik sering dinamakan sebagai garis gaya medan listrik. Menurut Gauss, banyaknya garis gaya medan listrik sebanding muatannya. Anda dapat melihat tampilan hubungan jenis muatan, besar muatan serta medan listrik yang ditimbulkan. Medan listrik di sekitar keping sejajar konduktor merata dipermukaan bola.

1. Di dalam keping medan listrik bersifat homogen, besarnya sama
2. Di luar keping medan listrik adalah nol, karena tidak ada garis gaya

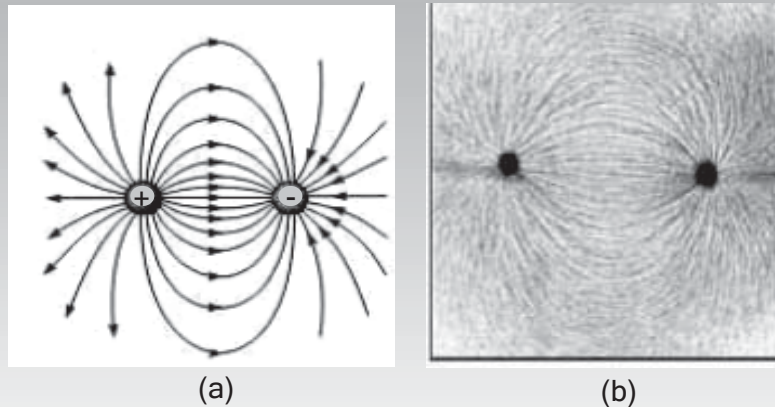
Oleh karena muatan listrik pada bola berongga cenderung tersebar merata di permukaan bola secara teratur, maka

1. kuat medan listrik di dalam bola adalah nol karena tidak ada garis gaya medan listrik,
2. kuat medan listrik di permukaan adalah sebagai berikut.

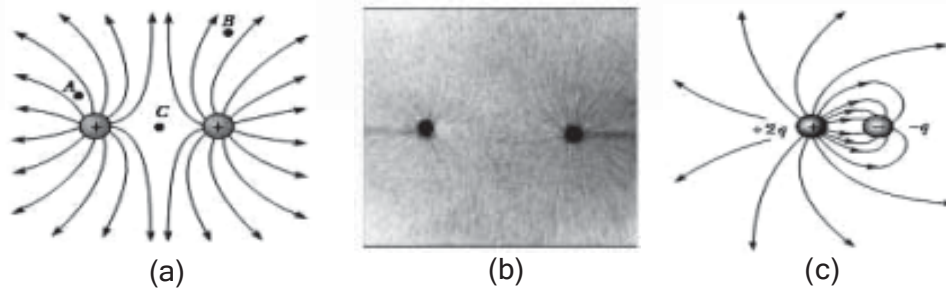
$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (22.6)$$

### **Bentuk garis gaya medan listrik saat terjadi interaksi antara dua muatan listrik**

Besar kecilnya muatan listrik menentukan banyak sedikitnya gaya-gaya karena menurut Gauss jumlah garis gaya atau fluks listrik berbanding lurus dengan muatannya seperti terlihat pada Gambar 22-15 dan 22-16.



**Gambar 22.15 Garis Medan Listrik dan Muatan Listrik**  
 Garis medan listrik dua titik muatan yang besarnya sama dan berlawanan tandanya. Jumlah garis yang meninggalkan muatan positif sama dengan jumlah garis yang menuju muatan negatif (Sarway,2004)



**Gambar 22.16 Garis Meda Listrik dan Titik Muatan Listrik**

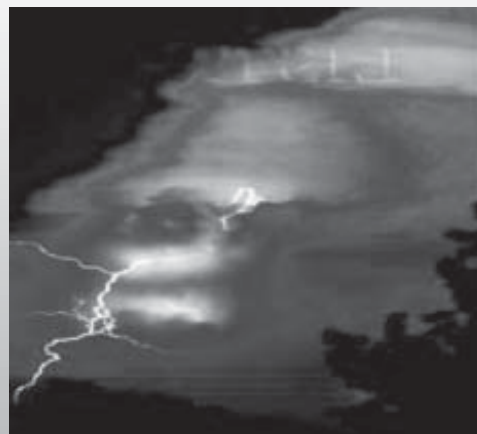
Garis medan listrik dua titik muatan yang besarnya sama dan sama tandanya. (positif) (Gambar 22.16.a). Jumlah garis yang meninggalkan muatan positif sama (Gambar 22.16b) dan Garis medan listrik dua titik muatan yang besarnya tidak sama dan berlawanan tandanya(, dua garis meninggalkan muatan +2q untuk setiap satu terminal muatan -1q (Gambar 22.16.c) (Sarway,2004)

### Pengosongan Muatan Listrik

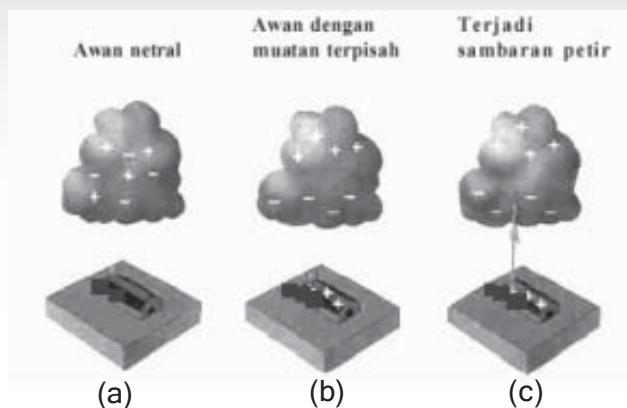
Loncatan muatan listrik terjadi pada saat muatan listrik bergerak secara bersama-sama. Kejadian ini disebut pengosongan listrik statis.

Pengosongan itu ditunjukkan oleh sambaran petir pada Gambar 22.17.

**Gambar 22.17 Petir**  
 adalah contoh loncatan muatan listrik statis yang besar  
 (<http://www.e-dukasi.net>,2008)



Muatan listrik dapat hilang dengan pengosongan. Pengosongan terjadi apabila tersedia suatu jalan bagi elektron-elektron untuk mengalir dari suatu benda bermuatan ke benda lain. Perpindahan muatan listrik statis dari satu benda ke benda lain disebut penetralan atau pengosongan muatan statis. Pengosongan itu lazim juga disebut pentanahan, karena muatan itu sering dikosongkan dengan cara menyalurkan ke tanah. Pengosongan muatan statis di udara dapat terjadi sangat besar sehingga menimbulkan suara dahsyat yang kita sebut guntur. Proses terjadinya petir dapat dijelaskan pada Gambar 22.18a, 18b, dan 18c. Bacalah keterangan ketiga gambar tersebut!



**Gambar 22.18 Proses Terjadinya Petir**  
(<http://www.e-dukasi.net.com>, tanggal akses 5 Januari 2008)

Sebelum terjadi petir, muatan listrik terbentuk di awan ketika butiran-butiran air saling menggosok satu sama lainnya (Gambar 22.18.a). Kemudian terjadi pemisahan muatan di dalam awan. Bagian bawah awan menjadi bermuatan lebih negatif dibandingkan tanah di bawah awan tersebut (Gambar 22.18.b). Sambaran dari awan ke tanah terjadi ketika muatan negatif (elektron) meloncat dari bagian bawah awan ke titik tertinggi di atas tanah (Gambar 22.18.c).

### Penangkal Petir

Batang logam penangkal petir sering dipasang di atas atap rumah bertingkat atau di atas bangunan tinggi, dan dihubungkan ke dalam tanah melalui kabel logam. Penangkal petir melindungi rumah dan bangunan tinggi tersebut dari kerusakan oleh energi listrik yang besar di dalam petir. Penangkal petir ini menyediakan suatu jalan aman, atau pentanahan, agar arus listrik petir mengalir masuk ke dalam tanah, bukan melewati rumah atau bangunan lain. Pernahkah Anda melihat penangkal petir? Pernahkah Anda melihat bangunan tinggi yang dilengkapi dengan penangkal petir seperti Gambar 22.19. Penangkal petir itu merupakan contoh pengosongan muatan statis yang tidak menimbulkan kerusakan.



Kabel

### Gambar 24.19 Penangkal Petir

Pada saat terjadi petir, pengosongan listrik statis dari bagian bawah awan yang bermuatan ke Bumi akan melewati batang penangkal petir ini. Muatan listrik akan mengalir ke bawah dengan aman melalui kabel logam tersebut, dan masuk ke dalam tanah. (<http://www.e-dukasi.net.com>, tanggal akses 5 Januari 2008)

## Rangkuman

1. Muatan positif adalah muatan yang sejenis dengan muatan yang dimiliki oleh kaca jika digosok dengan kain sutera.
2. Muatan negatif adalah muatan yang sejenis dengan muatan yang dimiliki oleh penggaris plastik jika digosok dengan kain wol.
3. Muatan yang sejenis tolak-menolak dan muatan yang tak sejenis tarik-menarik.
4. Jumlah bersih muatan listrik yang dihasilkan pada dua benda yang berbeda (misalnya, penggaris plastik dan kain wol) dalam suatu proses penggosokan adalah nol.
5. Atom terdiri dari inti atom yang bermuatan positif (proton dan neutron) dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif.
6. Untuk mendapatkan muatan pada batang logam netral dengan induksi dapat dilakukan dengan cara mendekatkan batang logam bermuatan pada batang logam netral tersebut.
7. Untuk mendapatkan muatan pada batang logam netral dengan konduksi dapat dilakukan dengan cara menyentuhkan batang logam bermuatan pada batang logam netral tersebut.
8. Elektroskop adalah suatu piranti yang dapat digunakan untuk mendeteksi muatan listrik. Daun-daun elektroskop akan mengembang apabila kepala elektroskop dimuati baik dengan cara "induksi", maupun dengan cara "konduksi".
9. Hukum Coulomb berbunyi: besarnya gaya antara muatan  $q_+$  dan muatan  $q_-$ , yang dipisahkan oleh  $A$  dan  $B$  berjarak  $d$ , adalah berbanding lurus dengan besarnya kedua muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan-muatan tersebut.

10. Secara matematis hukum Coulomb dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$F = k \frac{q_A q_B}{d^2}$$

11. Petir adalah contoh pengosongan muatan statis di udara. Untuk menghindari kerusakan pada bangunan yang tinggi dari sambaran petir, dapat dilakukan dengan cara memasang penangkal petir pada bangunan tersebut.
12. Semua proses yang terjadi dalam struktur DNA, replikasi DNA, sintesis protein serta pembentukan struktur protein melibatkan gaya elektrostatik.

## Lembar PowerPoint 22.3



# Listrik Statis

### Demonstrasi

Apakah yang menyebabkan terjadinya gerakan-gerakan pada potongan kertas tersebut?



### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep listrik statis

### INDIKATOR

- menjelaskan proses terjadinya muatan listrik,
- mendeskripsikan berbagai cara untuk memperoleh listrik statis,
- menerapkan konsep kelistrikan untuk memahami gejala-gejala listrik statis,
- menghitung gaya Coulomb, dan
- menghitung kuat medan listrik.

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Eksperimen
- Presentasi
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Kerja Mandiri
- Refleksi

### Eksperimen

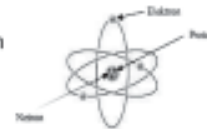
- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 4 kelompok.
- Kelompok 1 bekerja dengan panduan LK 22.1.A
- Kelompok 2 bekerja dengan panduan LK 22.1.B
- Kelompok 3 bekerja dengan panduan LK 22.1.C
- Kelompok 4 bekerja dengan panduan LK 22.1.D.
- Uraian materi 22.2 disarankan menjadi bacaan pendukung ketika kelompok melakukan eksperimen.

### Presentasi

- Perwakilan tiap-tiap kelompok mempresentasikan hasil eksperimennya
- Kelompok lain menanggapi

### Muatan Listrik

- Muatan listrik suatu benda terjadi karena susunan partikel benda yang terdiri dari molekul-molekul dan atom, yang di dalamnya terdapat proton dan elektron dalam jumlah tertentu.



### Muatan Positif dan Negatif

- Jika proton dan elektron jumlahnya sama, maka benda dikatakan bermuatan netral.
- Benda bermuatan negatif bila jumlah elektron lebih besar dibandingkan proton.
- Benda bermuatan positif bila jumlah proton lebih besar dibandingkan elektron

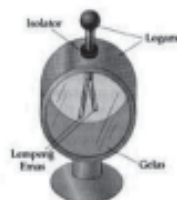
### Sifat-sifat Muatan

- Muatan sejenis saling tolak menolak
- Muatan tak sejenis saling tarik menarik



### Elektroskop

- Alat untuk membuktikan adanya muatan listrik



### Hukum Coulomb

$$F_{AB} = \frac{kQ_A \cdot Q_B}{r^2}$$

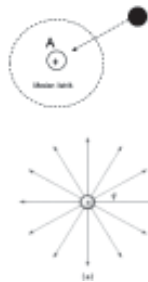
Keterangan

- $Q_A$  dan  $Q_B$  adalah muatan masing-masing benda (C)
- $r$  = jarak antara kedua muatan (m)
- $k$  = konstanta =  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  untuk medium udara



### Medan Listrik

- Medan listrik adalah ruang di sekitar muatan listrik, di mana gaya elektrostatik masih berpengaruh



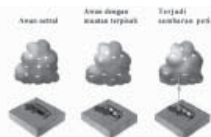
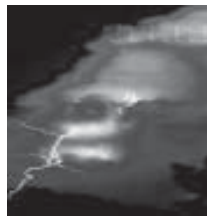
### Medan Listrik

$$E = k \frac{Q \cdot q}{r^2} \times \frac{1}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$



### Pengosongan Muatan Listrik

- Perpindahan muatan listrik.



### Penangkal Petir

- Mencegah kerusakan bangunan akibat petir.



### Tanya Jawab

- Silakah mengajukan hal-hal yang belum jelas

### Kerja Mandiri

- Kerjakan Lembar penilaian 22.4

## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

## Tindak lanjut

- Mengembangkan resume materi yang telah dipelajari
- Membaca paket berikutnya

## Lembar Penilaian 22.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan muatan listrik!
2. Bagaimanakah muatan listrik dapat terjadi?
3. Mengapa sebuah balon yang telah digosok dengan kain wool menempel pada dinding?
4. Jika kita membersihkan piringan hitam dengan kain bersih, mengapa piringan hitam tersebut dapat menarik debu?
5. Jika menyeterika kaos kaki, mengapa kaos tersebut lengket dengan pakaian lainnya?
6. Bagaimana proses terjadinya petir & cara melindungi bangunan tinggi dari sambaran petir.
7. Apakah yang dimaksud dengan dengan medan listrik?
8. Dua buah muatan masing-masing muatannya 10 mikro coulomb dan berjarak 10 mm. Berapakah gaya listrik antar muatan tersebut?
9. Sebuah benda memiliki muatan sebesar 100C. Berapakah besar medan magnit ada jarak 1 m dari benda tersebut?

Skor terentang antara: 10-100

Tingkat Pencapaian	Kualifikasi
90 - 100	Sangat Baik
80 - 89	Baik
65 - 79	Cukup
55 - 64	Kurang
10 - 54	Sangat Kurang

## Daftar Pustaka

- Duncan, Tom. 1977. *Physics For Today and Tomorrow* . London: John Murray.
- Giancoli, D.C. 1998. *Physics: Principles with Applications* (5<sup>th</sup> Ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Hademenos, G.J (ed.). 2000. *Schaum's Easy Outline College Physics*. New Jersey: McGraw-Hill.
- Modul Fisika (Online: [http://www.e-dukasi.net/mapok/mp\\_full.php](http://www.e-dukasi.net/mapok/mp_full.php), diakses 2 Desember 2007).
- Modul Fisika (Online: [http://www.wordpress.co.2008/modul\\_alat\\_optik.pdf/file\\_arifkristanto](http://www.wordpress.co.2008/modul_alat_optik.pdf/file_arifkristanto) , diakses: tanggal 13 Maret 2008).
- Modul General Physics (Online: <http://www.nvcc.edu/phy232/lectures.html>, diakses pada 24 Maret 2008).
- Suryanti, dkk. 2003. *Konsep dasar IPA-Fisika SD untuk Program Studi D2 PGSD* Surabaya: UNESA University Press

## Paket 23

# RANGKAIAN ARUS SEARAH

## Pendahuluan



Pada paket ke-23 ini mahasiswa-mahasiswi akan membangun konsep tentang rangkaian arus searah. Konsep ini merupakan konsep dasar kelistrikan yang berguna ketika mahasiswa-mahasiswi kelak menjadi guru MI. Materi ini merupakan perluasan dari konsep listrik statis yang telah dipelajari pada paket sebelumnya.

Perkuliahan dimulai dengan demonstrasi dan tanya jawab tentang fenomena rangkaian listrik. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan diskusi kelompok untuk membangun konsep arus listrik. Setelah mensesmakan presentasi dosen memberikan penguatan tentang arus listrik dan hukum ohm. Berikutnya mahasiswa akan bekerja mandiri, berpasangan dan berbagi gagasan tentang rangkaian serial dan rangkaian paralel dengan sebelumnya mengamati demonstrasi yang dilakukan oleh dosen. Pada akhir perkuliahan dosen memberikan penguatan, meminta mahasiswa berefleksi dan memberikan tugas mengerjakan lembar penilaian 23.4.

Untuk kelancaran kegiatan perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi dapat diminta untuk mempersiapkan berbagai bahan dan alat demonstrasi. Selain itu, pemberian garis-garis besar materi terlebih dahulu sebelum perkuliahan dimulai, akan lebih mempermudah tercapainya tujuan tersebut.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menerapkan prinsip-prinsip dan karakteristik rangkaian arus searah dan aplikasinya.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian arus listrik,
2. menjelaskan rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup,
3. menerapkan Hukum Ohm,
4. menjelaskan faktor yang mempengaruhi besarnya hambatan, dan
5. menyelesaikan masalah rangkaian serial dan rangkaian paralel.

### Waktu

2x50 menit

### Materi Pokok

1. Arus Listrik
2. Rangkaian Terbuka dan Rangkaian Tertutup
3. Hukum Ohm
4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Besarnya Hambatan
5. Rangkaian Serial dan Paralel

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan Lk. 23.1.A, LK 23.1.B
2. Lembar Uraian Materi 23.2
3. Lembar *PowerPoint* 23.3
4. Lembar Penilaian 23.4
5. Alat dan bahan LCD dan komputer

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
2'	<p><b>Kegiatan Awal</b></p> <p>1. Dosen mendemonstrasikan sebuah lampu senter. Jika lampu senter tidak menyala, hal-hal apa sajakah yang mungkin terjadi?</p> <p>2. Mahasiswa menyampaikan pendapatnya tentang demonstrasi.</p> <p>3. Dosen menyampaikan kompetensi dasar dan indikator yang akan dicapai dalam perkuliahan, pentingnya perkuliahan dan rencana kegiatan perkuliahan.</p>	Demonstrasi Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint 23.3</i>
5'		Curah Pendapat	
2'		Ceramah	<i>Slide PowerPoint 23.3</i>
15'	<p><b>Kegiatan Inti</b></p> <p>1. Mahasiswa-mahasiswi berdiskusi dalam kelompoknya dan bekerja sesuai dengan LK 23.1.</p> <p>2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi.</p> <p>3. Dosen memberikan penguatan konsep arus listrik dan hukum ohm.</p> <p>4. Mahasiswa-mahasiswi mencermati demonstrasi tentang rangkaian serial dan rangkaian paralel. Apakah perbedaan antara dua rangkaian tersebut?</p> <p>5. Mahasiswa secara individual memikirkan perbedaan rangkaian serial dan rangkaian parallel.</p>	Diskusi Kelompok	Lembar Kegiatan 23.1
10'		Presentasi	
15'		Ceramah	<i>Slide PowerPoint 23.3</i>
5'		Demonstrasi Tanya Jawab	Set rangkaian serial dan paralel
5'		TPS	

1	2	3	4
10'	6. Mahasiswa mencari pasangan untuk memadukan jawaban.		
10'	7. Mahasiswa mengemukakan gagasannya di kelas.		
10'	8. Dosen memberikan penguatan tentang rangkaian serial dan parallel.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 23.3
10'	<b>Kegiatan Penutup</b> Dosen dan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang konsep rangkaian arus searah!	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 23.3
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen, menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan lembar penilaian 23.4 dan mengingatkan mereka materi perkuliahan minggu depan.	Ceramah/ Penjelasan	



## Lembar Kegiatan 23.1



# RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH

### Pengantar

Rangkaian listrik dapat dibedakan atas rangkaian arus searah dan rangkaian arus bolak-balik. Rangkaian yang sering ditemui dan menjadi materi pembelajaran di MI adalah rangkaian arus searah. Kegiatan ini dimaksudkan untuk membangun konsep tentang konsep rangkaian arus searah.

### Tujuan

Memahami prinsip-prinsip dan karakteristik rangkaian arus searah dan aplikasinya

### Alat dan Bahan

1. Uraian materi 23.2
2. Kertas plano

### Langkah-langkah Kegiatan

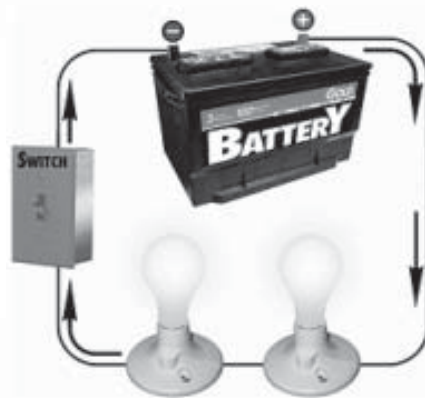
1. Bacalah uraian materi 23.2!
2. Diskusikanlah apa yang dimaksud dengan arus dan kuat arus listrik!
3. Diskusikan tentang rangkaian yang dapat menghasilkan arus searah!
4. Diskusikanlah tentang Hukum Ohm dan hambatan dari suatu penghantar!
5. Dari hasil diskusi di atas, kembangkanlah peta konsep tentang rangkaian arus searah!
6. Tuliskan hasil kerja kelompok Anda di kertas plano!
7. Persiapkan untuk mempresentasikan hasil diskusi kelompok anda!

## Uraian Materi 23.2

# RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH

### A. Arus Listrik

Arus listrik dapat digambarkan sebagai jumlah muatan yang menembus titik tertentu setiap satuan waktu tertentu. Arus listrik analog dengan aliran air. Aliran air mengalir jika ada perbedaan ketinggian atau perbedaan energi potensial gravitasi. Air mengalir dari tempat tinggi (energi potensial gravitasi tinggi) ke tempat yang rendah (energi potensial gravitasi rendah). Demikian halnya arus listrik mengalir karena adanya perbedaan potensial listrik  $\Delta V$  (V positif dan v negatif). Pada Gambar 23.1 di bawah ditunjukkan bahwa baterai memiliki perbedaan potensial pada kutub-kutubnya dan dapat menimbulkan arus listrik jika dihubungkan dengan sebuah penghantar.



Gambar 23.1 Arus Listrik

Secara matematis, kuat arus listrik  $I$  dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

dengan keterangan,

$I$  = Arus listrik (A)

$Q$  = Muatan Listrik (C)

$\Delta t$  = Selang waktu (s)

Contoh soal,

Jika sebuah kawat penghantar listrik dialiri muatan listrik sebesar 720 coulomb dalam waktu 1 menit, kita dapat menentukan kuat arus listrik yang melintasi kawat penghantar tersebut.

**Jawaban**

Diketahui :  $Q = 720$  coulomb;  $t = 1$  menit = 60 sekon

Maka kuat arus listrik ( $I$ ) adalah....

$$I = \frac{Q}{t}$$

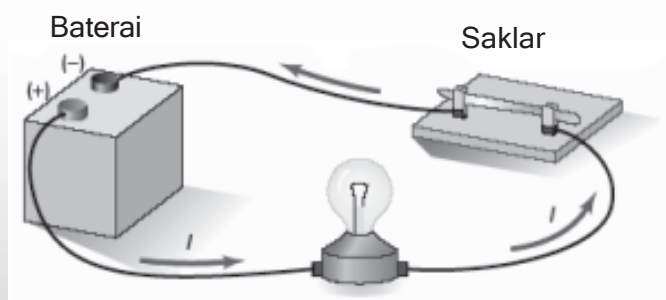
$$= 720/60 \text{ Coulomb/sekon}$$

$$I = 12 \text{ A}$$

Jadi, kuat arus listrik yang mengalir adalah sebesar 12 A.

Kuat arus secara teoritis dianggap sebagai aliran muatan-muatan positif. Padahal dalam kenyataan sesungguhnya yang dapat berpindah adalah muatan-muatan negatif atau elektron. Benda-benda yang terbuat dari logam umumnya memiliki banyak elektron yang disebut sebagai elektron bebas sehingga disebut dengan konduktor. Elektron bebas adalah elektron yang tidak terikat pada satu inti atom, atau meskipun terikat, ia merupakan elektron yang letaknya jauh dari inti sehingga hanya mendapatkan gaya tarik yang kecil saja. Elektron bebas ini kemudian yang akan “mengalir” dalam bahan (kawat) apabila ada perbedaan potensial di antara dua titik pada kawat. Bahan-bahan yang sulit dialiri arus listrik disebut dengan isolator.

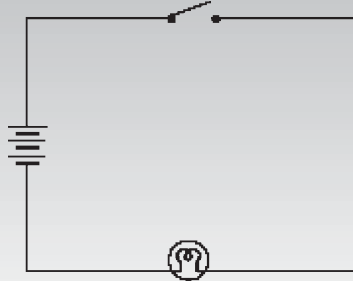
Arus listrik dapat mengalir jika terdapat suatu rangkaian tertutup. Apakah yang dimaksud dengan rangkaian tertutup? Perhatikanlah rangkaian bola lampu, saklar, dan baterai pada Gambar 23.2 di bawah.



**Gambar 23.2 Rangkaian Listrik Tertutup**

Jika saklar dalam keadaan terbuka (Gambar 23.3) maka bola lampu tidak menyala karena tidak ada arus listrik yang mengalir. Dalam keadaan ini rangkaian disebut dengan rangkaian terbuka. Sebaliknya jika saklar dalam keadaan tertutup rangkaian dikatakan sebagai rangkaian tertutup. Dalam keadaan ini arus akan mengalir melalui penghantar dan menyebabkan bola

lampu menyala. Dalam kehidupan sehari-hari besarnya kuat arus listrik yang mengalir melalui rangkaian dapat kita ukur dengan menghubungkan Ampere meter secara serial dalam suatu rangkaian.



**Gambar 23.3 Simbol Rangkaian Listrik Terbuka**

Istilah listrik arus searah dalam rangkaian ini untuk membedakan dengan rangkaian listrik arus bolak-balik. Dalam rangkaian listrik arus searah, sumber tegangan memang berupa baterai atau aki yang memiliki beda potensial yang tetap. Akibatnya dalam sebuah rangkaian arus listrik mengalir pada arah tertentu. Pada rangkaian arus bolak-balik polaritas sumber tegangan berubah-ubah sehingga arah arus menjadi olak balik.

Kuat arus listrik dalam rangkaian dapat diobservasi dengan cara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif kuat arus ditunjukkan dengan terang redupnya nyala lampu. Jika lampu menyala terang berarti kuat arus listrik besar; sedang jika lampu menyala redup, itu pertanda bahwa kuat arus itu kecil. Secara kuantitatif kuat arus dapat diukur dengan memanfaatkan amperemeter. Amperemeter memiliki galvanometer di dalamnya. Jika amperemeter dihubungkan secara serial dengan rangkaian.

## **B. Hambatan dan Faktor yang Mempengaruhi**

Sesuatu yang bergerak dan mengalir tentu ada penghambat seperti benda yang bergerak juga mengalami gaya gesek. Demikian juga dengan arus listrik, ketika mengalir melalui suatu penghantar arus listrik akan ditahan oleh sesuatu yang disebut dengan hambatan. Semakin besar hambatan, semakin sulit arus mengalir dalam penghantar tersebut.

Hubungan antara hambatan, kuat arus dan beda potensial listrik telah diteliti George Simon Ohm (1787-1854) dan dikenal dengan Hukum Ohm. "Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar berbanding lurus dengan beda potensial antar kedua ujung penghantar tersebut dan berbanding terbalik dengan hambatannya". Secara matematis Hukum Ohm dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I = V/R$$

I = Kuat arus (Ampere)

V = beda potensial (Volt)

R = hambatan (Ohm)

Berdasarkan hukum di atas, satuan hambatan dapat dinyatakan dalam Volt/ampere, dimana  $1 \text{ V/A} = 1 \text{ Ohm}$ . Dengan demikian jika beda potensial antara kedua ujung konduktor adalah 1 volt dan arus mengalir adalah 1 ampere, maka hambatan dari konduktor itu adalah 1 Ohm.

Jika dipandang dari bahan-bahan yang menyusun sebuah hambatan, besar kecilnya hambatan suatu penghantar (R) dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu jenis kawat ( $\rho$ ), panjang kawat (L), dan luas penampang kawat (A). Secara matematis besarnya dapat dirumuskan seperti berikut.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dengan ketentuan:

R = hambatan  $\Omega$ .

$\rho$  = hambatan jenis penghantar ( $\frac{\Omega \cdot m}{A}$ )

L = panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar ( $m^2$ )

adalah sifat intrinsik dari bahan konduktor yang disebut dengan resistivitas atau hambatan jenis. Sebuah konduktor memiliki hambatan jenis yang kecil dan bahan isolator yang baik akan mempunyai hambatan jenis yang sangat besar. Satuan hambatan jenis dalam sistem SI dinyatakan dengan ohm meter.

Untuk mempermudah Anda mengenai berbagai macam jenis logam dan hambatan jenisnya, Anda perhatikan tabel di bawah ini!

Tabel.1 Hambatan Jenis Beberapa Zat

Z a t	Hambatan Jenis ( $\rho$ ) pada 20 °C (Ohmmeter)
Perak	$1,6 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,7 \times 10^{-8}$
Alumunium	$2,7 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,6 \times 10^{-8}$

**Contoh Soal**

Seutas kawat besi panjang 20 meter dan luas penampangnya 1 mm<sup>2</sup>, mempunyai hambatan jenis 10<sup>-7</sup> ohm meter. Jika antara ujung-ujung kawat dipasang beda potensial 20 volt, tentukan kuat arus yang mengalir dalam kawat!

Diketahui:  $l = 40 \text{ m}$   
 $A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$   
 $V = 20 \text{ V}$   
 $\rho = 10^{-7} \text{ ohm meter}$

Ditanyakan:  $I = \dots\dots?$

**Jawaban**

Langkah pertama, selidiki dahulu nilai hambatannya!

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$= 10^{-7} \cdot \frac{40}{1 \times 10^{-6}}$$

$$R = 4 \text{ ohm} \quad \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Berdasarkan hukum ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$

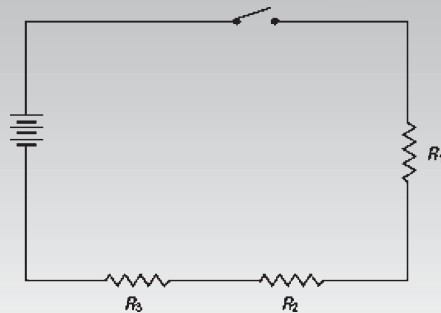
$$= \frac{20}{4}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

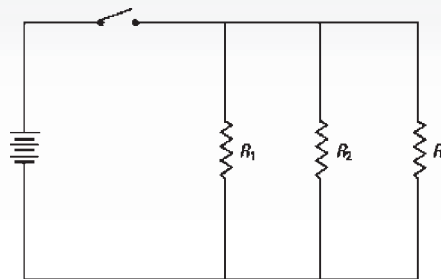
**C. Rangkaian Serial dan Paralel**

Sebagaimana dijelaskan, sebuah rangkaian sederhana hanya terdiri atas sebuah sumber tegangan, piranti semacam lampu, dan kabel-kabel penghubung. Dalam kehidupan sehari-hari, rangkaian yang sesungguhnya dapat menghubungkan beberapa macam piranti. Misalnya, sebuah generator listrik digunakan untuk lampu listrik, radio, televisi, pendingin, pompa air dan piranti-piranti lainnya. Antara piranti satu dengan lainnya dihubungkan dengan cara yang berbeda-beda. Gambar 23.4 menunjukkan tiga buah hambatan yang dihubungkan secara serial sedangkan Gambar 23.5 menunjukkan hubungan

yang paralel. Seringkali rangkaian sesungguhnya merupakan kombinasi antara rangkaian serial dan rangkaian paralel.



**Gambar 23.4 Hubungan Serial**



**Gambar 23.4 Hubungan Paralel**

Jika tiga buah rangkaian dihubungkan serial, maka seluruh hambatan akan dialiri dengan arus listrik yang besarnya sama. Dengan menggunakan hukum Ohm dapat dibuktikan bahwa hambatan pengganti dapat dirumuskan sebagai persamaan berikut.

$$R_{\text{pengganti}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Jika tiga buah rangkaian dihubungkan paralel, maka seluruh hambatan akan memiliki besar beda potensial yang sama. Dengan menggunakan hukum Ohm dapat dibuktikan bahwa hambatan pengganti dapat dirumuskan sebagai persamaan berikut.

$$\frac{1}{R_{\text{Pengganti}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Contoh soal

Tiga buah hambatan 2 Ohm, 3 Ohm, dan 4 Ohm dihubungkan secara serial dengan sebuah sumber potensial 18V.

Berapakah hambatan pengganti tiga hambatan tersebut?

Berapakah kuat arus yang mengalir melalui setiap hambatan?

Berapakah beda potensial pada hambatan 2 Ohm?

Diketahui

$$R_1 = 2 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ohm}$$

$$R_3 = 4 \text{ Ohm}$$

$$V = 18 \text{ Volt}$$

Ditanyakan  $R_{\text{Pengganti}}$ ?  $I$ ? dan  $V_{R1}$ ?

Jawaban

$$R_{\text{pengganti}} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{\text{pengganti}} = 2 + 3 + 4 = 9 \text{ ohm}$$

$$I = \frac{V}{R_{\text{Pengganti}}} = \frac{18}{9} = 2 \text{ A}$$

$$V_{R1} = I \cdot R_1 = 2 \text{ A} \cdot 2 \text{ Ohm} = 4 \text{ Volt}$$

Jadi hambatan pengganti adalah 9 Ohm, kuat arus yang melalui masing-masing hambatan adalah 2 A dan tegangan pada hambatan 1 adalah 4 Volt.

## Rangkuman

1. Arus listrik disebabkan adanya perpindahan muatan pada suatu penghantar.
2. Kuat arus listrik adalah besarnya muatan yang melalui suatu penghantar tiap satu satuan waktu.
3. Arus listrik mengalir pada suatu rangkaian tertutup.
4. Hukum Ohm menyatakan bahwa "Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar berbanding lurus dengan beda potensial antar kedua ujung penghantar tersebut dan berbanding terbalik dengan hambatannya".
5. Hambatan suatu penghantar ( $R$ ) dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu jenis kawat ( $p$ ), panjang kawat ( $L$ ), dan luas penampang kawat ( $A$ ).
6. Jika hambatan dihubungkan secara serial, kuat arus yang melalui semua penghantar sama besar.
7. Jika hambatan dihubungkan secara paralel, beda potensial pada masing-masing hambatan sama besar.



## Lembar PowerPoint 23.3



### RANGKAIAN ARUS SEARAH

#### Pertanyaan

Apabila kita memiliki lampu senter dan bola lampu tidak menyala apakah yang mungkin terjadi?



#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan prinsip-prinsip dan karakteristik rangkaian arus searah dan aplikasinya

#### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian arus listrik,
- menjelaskan rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup,
- menerapkan Hukum Ohm,
- menjelaskan faktor yang mempengaruhi besarnya hambatan, dan
- menyelesaikan masalah rangkaian serial dan rangkaian paralel.

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Demonstrasi
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi

#### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 5 kelompok.
- Kelompok-kelompok bekerja dengan panduan LK 23.1

### Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi
- Kelompok lain menanggapi

### Rangkaian Listrik

- Sumber tegangan dihubungkan dengan perangkat lain melalui penghantar



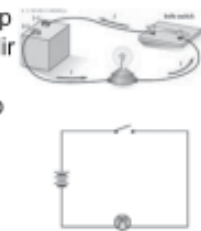
### Rangkaian Arus Searah

- Sumber tegangan memiliki polaritas tetap
- Arus mengalir dalam satu arah



### Rangkaian terbuka dan tertutup

- Jika saklar tertutup arus akan mengalir dan disebut rangkaian tertutup



### Arus Listrik

- Perpindahan muatan dalam suatu penghantar
- Disepakati searah dengan perpindahan muatan positif

### Kuat Arus Listrik

- Banyaknya muatan yang berpindah melalui suatu penghantar tiap satuan waktu
- $I=Q/t$

### Hukum Ohm

- $I = V/R$
- $I$  = Kuat arus (A)
- $V$  = Beda Potensial (Volt)
- $R$  = Hambatan (Ohm)

### Hambatan Penghantar

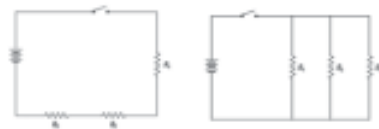
Bergantung pada:

- Pajang penghantar
- Diameter penghantar
- Jenis Penghantar

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

### Kerja Mandiri

- Analisislah perbedaan karakteristik rangkaian serial dan rangkaian paralel



### Kerja Berpasangan

- Diskusikan hasil kerja mandiri dengan pasangan untuk mendapatkan jawaban yang lebih baik dan lebih lengkap!

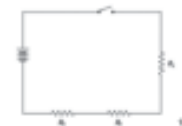
### Berbagi Gagasan

- Perwakilan pasangan menyampaikan hasil diskusi
- Padangan lain memberikan tanggapan.

### Rangkaian Serial

- Semua hambatan dialiri arus yang sama besar

$$R_{\text{keseluruhan}} = R_1 + R_2 + R_3$$



### Rangkaian Paralel

- Semua hambatan memiliki beda potensial yang sama besar

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

### Tindak lanjut

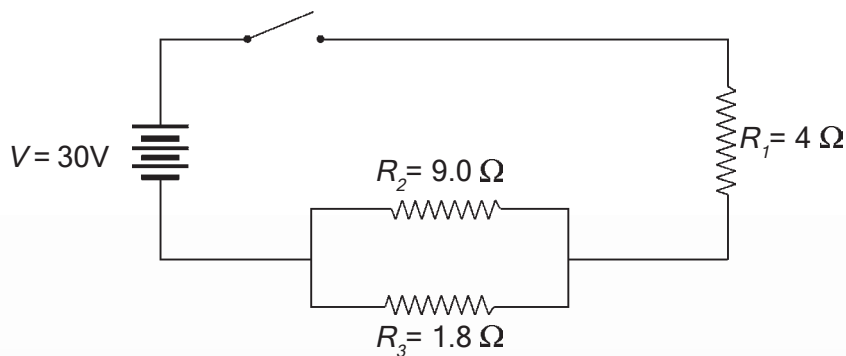
- Kerjakan lembar penilaian 23.4 di rumah!
- Pelajari paket berikutnya!

Terima Kasih

## Lembar Penilaian 23.4



1. Apakah yang anda ketahui tentang arus listrik!
2. Jelaskan tentang arah arus listrik!
3. Apakah perbedaan antara rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup!
4. Jelaskan dan berikan contoh penerapan Hukum Ohm!
5. Hal-hal apasajakah yang mempengaruhi hambatan suatu penghantar?
6. Dua buah kawat dengan panjang dan diameter identik memiliki besar hambatan yang berbeda besarnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?
7. Tujuh buah hambatan yang besarnya masing-masing 10 Ohm dihubungkan secara serial dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan beda potensial sebesar 7 Volt. Carilah hambatan total, arus yang melalui rangkaian dan beda potensial pada salah satu hambatan!
8. Tiga buah hambatan yang besarnya masing-masing 9 Ohm dihubungkan secara serial dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan beda potensial sebesar 6 Volt. Carilah hambatan total, beda potensial pada masing-masing hambatan dan arus yang mengalir pada salah satu hambatan!
9. Beberapa hambatan di susun sebagaimana gambar di bawah.



Jika saklar ditutup, berapakah arus yang melalui  $R_2$ ?

## Daftar Pustaka

Ichwan Hariadi.1989. *Dasar-dasar Magnetitisme*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Muslim, dkk. 2006. *Konsep Dasar Fisika*. Bandung: UPI Press.

Ahmad Nugraha. 2006. *Diktat Kuliah Konsep Dasar IPA*. Tasikmalaya: tidak dipublikasikan.

Yosaphat, Sumardi, dkk. 2002. *Konsep dasar IPA 1*. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.

## Paket 24

# ENERGI DAN DAYA LISTRIK

## Pendahuluan



Perkuliahan pada paket 24 ini difokuskan pada pembahasan energi dan daya listrik. Pembahasan masalah energi dan daya listrik ini merupakan kelanjutan dari pembahasan kelistrikan pada paket sebelumnya

Perkuliahan dimulai dengan pengamatan gambar dan tanya jawab tentang daya listrik. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan diskusi kelompok untuk membangun konsep daya dan energi listrik. Setelah mencermati presentasi dosen memberikan penguatan tentang daya dan energi. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan bercurah pendapat tentang pembangkit listrik. Pada akhir perkuliahan dosen memberikan penguatan, meminta mahasiswa berefleksi dan memberikan tugas mengerjakan lembar penilaian 23.4.

Untuk kelancaran kegiatan perkuliahan, dosen hendaknya menyiapkan LCD dan komputer. Lembar kegiatan juga perlu diperbanyak sesuai kebutuhan di kelas untuk membantu mahasiswa-mahasiswi berdiskusi.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menerapkan konsep energi listrik.

### Indikator

Pada akhir perkuliahan, mahasiswa-mahasiswi diharapkan mampu:

1. membedakan pengertian energi listrik dan daya listrik,
2. menghitung daya listrik,
3. menghitung energi listrik, dan
4. menjelaskan pembangkit listrik.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Energi Listrik
2. Daya Listrik
3. Pembangkit Listrik

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 24.1
2. Lembar Uraian Materi 24.2
3. Lembar *PowerPoint* 24.3
4. Lembar penilaian 24.4
5. Alat dan bahan: LCD dan komputer (disiapkan oleh dosen)



## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen menampilkan sebuah gambar bola lampu. Apakah arti dari label bola lampu tersebut?	Pengamatan Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint 24.3</i>
5'	2. Mahasiswa-mahasiswi menyampaikan pendapatnya tentang demonstrasi.	Curah Pendapat	
3'	3. Dosen menyampaikan kompetensi dasar dan indikator yang akan dicapai dalam perkuliahan, pentingnya perkuliahan dan rencana kegiatan perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint 24.3</i>
	<b>Kegiatan Inti</b>		
20'	1. Mahasiswa-mahasiswi berdiskusi dalam kelompoknya dan bekerja sesuai dengan LK 24.1.	Diskusi Kelompok	LK 24.1 Uraian Materi 24.2
10'	2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi.	Presentasi	
20'	3. Dosen memberikan penguatan energi dan daya listrik serta memberikan kesempatan mahasiswa untuk bertanya.	Ceramah dan tanya jawab	<i>Slide PowerPoint 24.3</i>
5'	4. Mahasiswa secara individual memikirkan tentang pembangkit tenaga listrik.	Kerja Individu	
15'	5. Mahasiswa menyampaikan pendapatnya tentang pembangkit tenaga listrik.	Curah Pendapat	
10'	6. Dosen memberikan penguatan tentang pembangkit listrik.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint 24.3</i>
	<b>Kegiatan Penutup</b>		
5'	Dosen dan mahasiswa-mahasiswi melakukan refleksi tentang jalannya perkuliahan.	Presentasi	

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> Dosen, menugaskan mahasiswa-mahasiswi untuk mengerjakan lembar penilaian 24.4 di rumah dan mengingatkan mereka materi perkuliahan minggu depan	Ceramah / penjelasan	

## Lembar Kegiatan 24.1



# ENERGI DAN DAYA LISTRIK

### Pengantar

Listrik merupakan besaran fisika yang akrab dengan kehidupan sehari-hari manusia. Dengan adanya listrik, hidup menjadi lebih mudah. Namun demikian perlu dipahami bahwa listrik juga merupakan salah satu bentuk energi yang perlu dihemat. Melalui kegiatan ini mahasiswa-mahasiswi akan mendalami tentang energi dan daya listrik sebagai bekal dalam mempelajari materi IPA di MI

### Tujuan

Membedakan energi dan daya listrik

Menjelaskan cara-cara yang dapat ditempuh untuk menghemat energi listrik

### Alat dan Bahan

Uraian materi 24.2

Kertas plano

### Langkah Kegiatan

1. Bacalah uraian materi 24.2 !
2. Diskusikan dalam kelompok Anda perbedaan antara energi dan daya listrik!
3. Kembangkan peta konsep yang tentang energi dan daya listrik!
4. Diskusikan pula beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menghemat energi listrik!
5. Tuliskan semua hasil diskusi secara kreatif dalam selembar kertas plano!
6. Siapkan salah satu rekan kelompokmu untuk mempresentasikan hasil-hasil diskusi tersebut!

## Uraian Materi 24.2



# ENERGI DAN DAYA LISTRIK

## A. Daya Listrik

Jika kita mengamati berbagai peralatan listrik, kita akan mengamati bahwa peralatan listrik tersebut selalu memiliki label misalnya 25 w, 50 w, 230 w atau yang lainnya (Gambar 24.1). Apakah arti dari label-label tersebut?



**Gambar 24.1 Bola Lampu**

Label-label pada peralatan listrik menunjukkan energi yang dibutuhkan oleh perangkat listrik tersebut tiap satu satuan waktu atau disebut dengan daya listrik.

Pada paket sebelumnya telah dipelajari bahwa daya merupakan perbandingan antara energi yang dikerjakan dan waktu

$$P = \frac{W}{t}$$

Di mana:

P = Daya (J/s)

W = Kerja/Usaha (J)

t = Waktu (s)

Persamaan daya ini sama baik pada kerja mekanik maupun kerja listrik.

Jika kita bekerja dengan listrik, pada bagian sebelumnya juga telah dipelajari beberapa istilah seperti beda potensial, arus dan hambatan. Persamaan daya listrik dapat dirumuskan dengan besaran-besaran yang telah diketahui tersebut. Kita mulai dengan persamaan daya secara umum.

$$P = \frac{W}{t}$$

Usaha atau kerja sama dengan perubahan energi ( $\Delta E$ ), sehingga persamaan dapat dituliskan.

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

Perubahan energi potensial dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\Delta E = QV$$

Jika disubstitusikan maka akan dapat dituliskan:

$$P = \frac{QV}{t}$$

Perbandingan muatan persatuan waktu tidak lain merupakan arus listrik, jadi daya listrik dapat dituliskan sebagai.

$$P = VI$$

Di mana

P = Daya Listrik (watt)

V = Beda Potensial (volt)

I = Kuat arus (A)

Contoh soal

Sebuah kawat nikel dapat mengalirkan arus listrik sebesar 2A ketika dihubungkan dengan baterai 12 V. Berapakah daya dari kawat tersebut?

Jawaban

V = 12 V

I = 2 A

Ditanyakan P?

$$P = VI$$

$$P = 12V \cdot 2A$$

$$P = 24 \text{ watt}$$

Jadi kabel nikel tersebut dapat diberikan label 24 w, 12 V.

Dalam setiap peralatan listrik label daya selalu dituliskan bersamaan dengan beda potensialnya misalnya bola lampu dengan label 220V, 5watt, televisi 220V, 40watt, mesin cuci 220V, 600watt. Apakah artinya? Pemanas nasi (Gambar 24.2) dengan label 220V, 25watt memberikan keterangan bahwa pemanas nasi tersebut akan menghasilkan daya 25watt jika dihubungkan dengan tegangan 220V.



**Gambar 24.2 Pemanas Nasi**

Bagaimanakah jika peralatan dihubungkan dengan tegangan yang tidak semestinya? Di beberapa tempat kemungkinan masih memiliki jaringan listrik dengan beda tegangan sebesar 110V. Jika bola lampu dengan label 220V, 5watt dihubungkan dengan jaringan listrik yang memiliki beda tegangan 110V maka arus yang mengalir akan menjadi kecil dengan ciri lampu akan meredup. Sebaliknya jika peralatan yang memiliki label 110V dihubungkan dengan jaringan listrik 220V maka peralatan akan terbakar dan rusak. Mengapa hal ini dapat terjadi?

Dalam setiap perangkat listrik hal yang relatif tetap adalah nilai hambatannya. Jika peralatan dihubungkan dengan tegangan listrik yang besar maka yang terjadi adalah arus listrik yang lebih besar. Arus listrik yang melebihi kapasitas akan menyebabkan hambatan terbakar.

Contoh

Sebuah bola lampu 100w, 120V dihubungkan dengan tegangan 240V.

Analisislah apa yang akan terjadi?

Kita dapat menentukan arus yang mengalir jika bola lampu dihubungkan dengan tegangan 120V yaitu:

$$I_{120} = \frac{P}{V} = \frac{100}{120}$$

Hambatan bola lampu adalah:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120}{\frac{100}{120}} = 144\Omega$$

Jika bola lampu dihubungkan dengan jaringan 240V maka arus yang mengalir menjadi.

$$I_{240} = \frac{V}{R} = \frac{240}{144} = 1,73A$$

Daya lampu jika dihubungkan dengan tegangan 240V adalah.

$$P = VI = 240V \cdot 1,73A = 400watt$$

Jadi pada tegangan 240V daya lampu akan menjadi 400watt dan akan menyebabkan lampu terbakar dan putus.

## B. Energi Listrik

Sama dengan usaha dan energi yang telah dipelajari pada paket sebelumnya energi listrik dapat dituliskan sebagai berikut.

$$W = P \cdot t$$

Substitusi persamaan daya listrik sebelumnya akan didapatkan sebagai berikut.

$$W = V I t$$

W = Energi listrik (J)

V = Beda potensial (V)

I = Kuat arus (A)

t = waktu (s)

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik yang terpakai di rumah kita diukur dengan peralatan yang disebut dengan meter listrik. Besaran energi yang banyak digunakan adalah KWH yang merupakan kependekan dari kilo watt hour atau kilo watt jam. Untuk setiap KWH kita harus membeli dengan harga tertentu.



Gambar 24.3 Meter Listrik

Contoh soal

Sebuah mesin cuci yang memiliki label 400w 220V dipergunakan selama 2 jam terus menerus. Berapakah energi yang dikonsumsi oleh mesin cuci tersebut?

Jawaban

Diketahui:

V = 220V

P = 400W

T = 2 jam

Ditanyakan W?

$$W = Pt$$

$$W = 400W \cdot 2 \text{ jam}$$

$$W = 800 \text{ wattjam}$$

$$W = 0,8 \text{ KWH}$$

Jadi untuk pemakaian selama 2 jam tersebut mesin cuci mengkonsumsi energi listrik sebesar 0,8 KWH

### C. Pembangkit Energi Listrik

Energi listrik yang tersedia di rumah-rumah kita berasal dari suatu unit pembangkit listrik dan disalurkan melalui transmisi listrik (Gambar 24.4). Untuk mengurangi energi yang terbuang, transmisi energi umumnya mengurangi besarnya hambatan dan menggunakan kuat arus yang rendah.



**Gambar 24.4 Transmisi Listrik**



Beberapa contoh pembangkit listrik diantaranya adalah sebagai berikut.

### **Pembangkit Listrik Tenaga Air**

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit listrik yang banyak digunakan. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air adalah dengan memanfaatkan energi potensial gravitasi air. Dengan membangun bendungan, maka akan terkumpul energi potensial gravitasi yang sangat besar (Gambar 13.5). Energi ini akan diubah menjadi energi kinetik yang menggerakkan generator dan akhirnya menghasilkan energi listrik.



**Gambar 24.5 PLTA**

### **Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

Di beberapa daerah tertentu, alamnya memiliki tenaga angin yang melimpah. Energi angin dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir angin yang dihubungkan dengan generator Listrik (Gambar 24.6). Belanda adalah salah satu negara yang memanfaatkan angin sebagai pembangkit listrik



**Gambar 24.6 Kincir Angin**

### **Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi**

Energi panas bumi adalah energi yang berasal dari inti bumi. Meskipun energi ini jumlahnya sangat besar, namun panas bumi merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui. Energi panas ini juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik (Gambar. 24.7)



**Gambar 24.7 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi**

### **Pembangkit Listrik Alternatif**

Selain beberapa pembangkit listrik di atas, pembangkit listrik tenaga minyak bumi sebenarnya banyak dipergunakan. Namun demikian, harus diperhatikan bahwa minyak bumi merupakan sumber tenaga yang lama kelamaan akan habis. Para ahli saat ini memikirkan beberapa alternatif untuk menghasilkan tenaga listrik yang kebutuhannya semakin meningkat. Beberapa yang sedang dikembangkan misalnya penggunaan reaksi nuklir, pemanfaatan energi matahari dan bioenergi.



**Gambar 24.8 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir**

## Rangkuman

1. Daya listrik didefinisikan sebagai perkalian antara tegangan dan kuat arus.
2. Daya listrik memiliki satuan watt.
3. Perkalian antara daya listrik dengan kurun waktu disebut dengan energi Listrik.
4. Energi listrik dirumuskan  $W = V I t$ .
5. Energi listrik memiliki satuan KWH.
6. Energi listrik tersedia karena adanya pembangkit listrik.

## Lembar PowerPoint 24.3



### ENERGI DAN DAYA LISTRIK

#### Pertanyaan

Apakah maksud label berikut ini?



2

#### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan menerapkan konsep energi listrik

3

#### INDIKATOR

- membedakan pengertian energi listrik dan daya listrik,
- menghitung daya listrik,
- menghitung energi listrik, dan
- menjelaskan pembangkit listrik

4

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi

5

#### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 5 kelompok.
- Kelompok-kelompok bekerja dengan panduan LK 24.1

6

## Presentasi

- Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi
- Kelompok lain menanggapi

7

## Daya Listrik

$$P = VI$$

- P = Daya Listrik (watt)
- V = Beda Potensial (volt)
- I = Kuat arus (A)

8

## 100W 220V

- Akan bekerja dengan daya 100w jika dihubungkan dengan beda tegangan 220 V

9

## Jika dihubungkan dengan tegangan lain?

- Hambatan peralatan bersifat tetap
- Jika tegangan lebih tinggi dari label benda akan terbakar
- Jika lebih rendah tidak bekerja dengan baik

10

## Energi Listrik

$$W = V I t$$

- V = Beda Potensial (volt)
- I = Kuat arus (A)
- t = waktu (s)

11

## Satuan Energi Listrik

*KWH*

- Kilo watt hour atau kilo watt jam

12

### Kerja Mandiri

- Apakah yang anda ketahui tentang pembangkit listrik?

13

### Curah Pendapat

- Mahasiswa-mahasiswi menyampaikan pendapatnya tentang pembangkit listrik.

14

### Pembangkit Listrik

- Mengubah energi lain menjadi energi listrik



15

### Contoh

- Tenaga Air
- Tenaga panas bumi
- Tenaga Angin



16

### Pembangkit Alternatif

- Tenaga ombak
- Tenaga matahari
- Tenaga biodiesel
- Tenaga Nuklir



17

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

18

## Lembar Penilaian 24.4



### Tes Tulis

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!

1. Apakah yang dimaksud dengan daya listrik?
2. Apakah perbedaan antara daya listrik dengan energi listrik?
3. Sebuah bola lampu memiliki label 100w 220V jelaskan maksud label tersebut!
4. Sebuah seterika listrik yang memiliki label 300W 220V dihubungkan dengan jaringan listrik yang bertegangan 110 V. Jelaskan yang akan terjadi pada seterika listrik tersebut!
5. Sebuah televisi bekerja dengan daya 50watt jika dihubungkan dengan sumber tegangan 220V. Jika televisi tersebut dinyalakan secara terus menerus selama 1 minggu, hitunglah energi yang dikonsumsi oleh televisi tersebut!
6. Jelaskan mengapa kita perlu menghemat energi listrik!
7. Jelaskan cara-cara yang dapat dilakukan untuk menghemat energi listrik di rumah kita?
8. Jelaskan cara kerja pembangkit tenaga air!
9. Jelaskan cara kerja pembangkit tenaga angin!
10. Jelaskan beberapa contoh pembangkit listrik alternatif!

## Daftar Pustaka

- Kamajaya, K. 2003. *Fisika SMU*. Jakarta: Grafindo Media Pratama.
- Kanginan, Marthen. 1991. *Fisika SMU*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Qodir, Zuhail Abdul, dkk. 1995. *Fisika SMU dan Pesantren*. Jakarta: Departemen Iptek dan ICMI.
- Suryanti, dkk. 2003. *Konsep Dasar IPA/FISIKA SD*. Surabaya: Universitas Surabaya.
- Tim Seqip. 2000. *Buku IPA Guru*. Malang: Science Education Quality Improvement Project.
- Wahana UPI. 2000. *Konsep Dasar Fisika SD*. Buku Panduan dan Bahan Belajar Mandiri.



## Paket 25

# MEDAN MAGNET

## Pendahuluan



Pada Paket 25 ini mahasiswa-mahasiswi akan mempelajari konsep medan magnet. Konsep medan magnet merupakan kelanjutan dari konsep magnet yang telah dipelajari pada Paket 24. Pemahaman tentang konsep medan magnet sangat diperlukan untuk menjelaskan berbagai peralatan listrik magnet yang banyak di ajarkan pada mata pelajaran IPA di Madrasah Ibtidaiyah.

Perkuliahan dimulai dengan demonstrasi tentang magnet untuk memotivasi mahasiswa-mahasiswi. Berikutnya mahasiswa-mahasiswi akan melakukan eksperimen tentang medan magnet disekitar kawat berarus dan koil dengan panduan LK 25.1. Setelah mahasiswa melaksanakan presentasi dosen memberikan penguatan dengan memanfaatkan *slide PowerPoint* 25.3. Untuk membangun konsep tentang gaya lorentz, mahasiswa akan mengamati demonstrasi tentang gaya lorentz, melakukan curah pendapat dan mencermati penguatan oleh dosen. Pada akhir perkuliahan dosen meminta mahasiswa untuk melakukan refleksi.

Dalam perkuliahan ini dosen akan melaksanakan demonstrasi tentang gaya lorentz. Oleh karenanya, dosen perlu menyiapkan segala sesuatunya. Dosen juga perlu berkoordinasi agar peralatan eksperimen juga tersedia sesuai dengan jumlah kelompok mahasiswa-mahasiswi.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu menerapkan konsep medan magnet

### Indikator

Pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat:

1. menjelaskan pengertian medan magnet,
2. mendeskripsikan sifat-sifat medan magnet,
3. menjelaskan medan magnet di sekitar arus listrik,
4. menjelaskan gaya lorentz, dan
5. menyelesaikan masalah tentang medan magnet.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Pengertian medan magnet.
2. Sifat-sifat medan magnet.
3. Medan magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik
4. Medan magnet di sekitar kawat melingkar berarus listrik
5. Pengertian dan contoh Gaya Lorent.

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan 25.1.A dan 25.1.B
2. Lembar Uraian Materi 25.2
3. Lembar *PowerPoint* 25.3
4. Lembar penilaian 25.4
5. Alat dan bahan: LCD dan Komputer (disiapkan dosen sendiri)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
5'	1. Mahasiswa-mahasiswi diminta untuk mengamati sebuah magnet. Di daerah mana sajakah gaya-gaya magnet dapat dirasakan? Bagaimanakah hal ini dapat digambarkan?	Demonstrasi <i>Brainstorming</i>	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 25.3
5'	2. Dosen menyampaikan kompetensi dasar dan indikator yang akan dicapai dalam perkuliahan dan rencana kegiatan perkuliahan.	Ceramah	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 25.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
20'	1. Mahasiswa-mahasiswi membentuk kelompok mengerjakan LK 25.1.	Eksperimen-tasi	LK 25.1. Uraian Materi 25.2
10'	2. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi.	Presentasi	
20'	3. Penguatan dosen tentang medan magnet dan tanya jawab.	Ceramah Tanya jawab	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 25.3
5'	4. Dosen mendemonstrasikan gaya lorentz.	Demonstrasi	Set gaya lorentz
15'	5. Mahasiswa-mahasiswi diminta mengungkapkan pengetahuannya tentang gaya Lorentz.	Curah pendapat	
10'	6. Dosen memberikan penguatan tentang gaya lorentz.	Presentasi Curah pendapat	<i>Slide</i> <i>PowerPoint</i> 25.3
	<b>Kegiatan Akhir</b>		
5'	1. Mahasiswa-mahasiswi menyimpulkan materi medan magnet dan melakukan refleksi.	Presentasi	

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen meminta mahasiswa mengerjakan lembar penilaian 25.4 di rumah. 2. Informasi materi perkuliahan yang akan datang.	Penugasan	Lembar Penilaian 25.4

## Lembar Kegiatan 25.1. A



# MEDAN MAGNET DI SEKITAR KAWAT BERARUS LISTRIK

## Pengantar

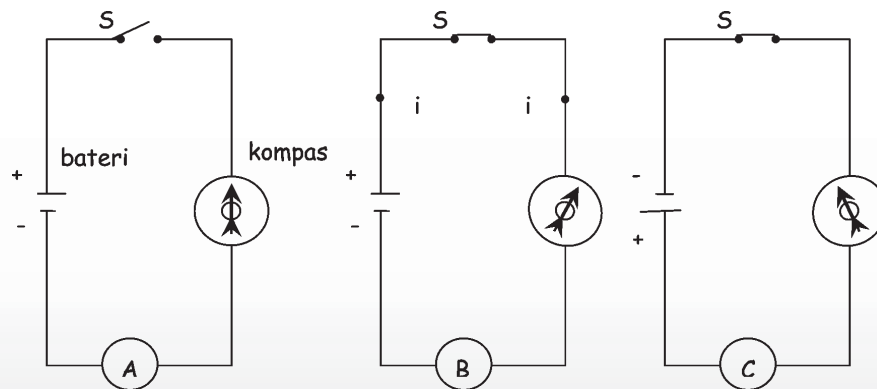
Arus yang mengalir melalui sepotong kawat membentuk dapat menimbulkan suatu medan magnet (M) di sekeliling kawat. Bagaimanakah medan yang ditimbulkannya? Melalui kegiatan ini Anda akan mempelajari secara langsung bagaimana timbulnya medan magnet karena adanya kawat berarus listrik.

## Tujuan

Untuk mengetahui cara kerja medan magnet di sekitar kawat berarus listrik

## Alat dan Bahan

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1. Sakelar | = 1 buah    |
| 2. Kompas  | = 1 buah    |
| 3. Kawat   | = ± 1 meter |



**Rangkaian untuk mengamati medan magnetik di sekitar kawat arus listrik**

1. Dalam keadaan sakelar/s terbuka, letakkan kawat di atas kompas dengan arah memanjang dan kawat sejajar dengan arah jarum kompas!
2. Kemudian, tutuplah sakelar/s seperti gambar b! Apakah yang terjadi pada jarum kompas ?
3. Baliklah polaritas baterai pada gambar c, lalu lakukan pengamatan yang sama seperti pada langkah 3!
4. Kemudian, tambahkan jumlah baterai !  
Ulangi pengamatan yang sama pada langkah 1 sampai dengan langkah 4!

5. Geser kompas hingga menjauhi kawat, kemudian catat jaraknya !  
Ulangi pengamatan seperti pada langkah 1 sampai dengan langkah 4!
6. Apa kesimpulan yang dapat Anda tarik?
7. Ulangilah kegiatan dengan mengganti kawat lurus dengan koil!
8. Tuliskan hasil kerja kelompok di kertas plano.

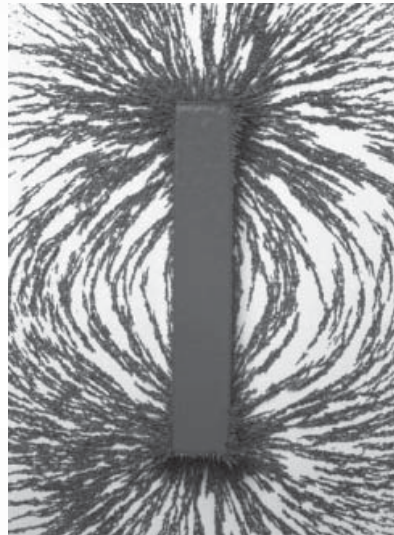
## Uraian Materi 25.2



# MEDAN MAGNET

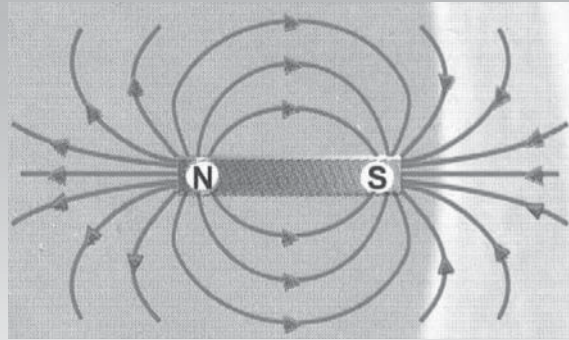
### A. Pengertian Medan Magnet

Sebuah besi yang berada di sekitar magnet akan tertarik oleh magnet tersebut. Semakin jauh letak besi dari magnet, semakin kecil pula gaya magnet yang dirasakan. Pada titik titik tertentu gaya magnet mungkin tidak dapat dirasakan lagi. Perhatikanlah serbuk besi yang diletakkan di atas magnet pada gambar 25.1. Serbuk besi akan tertata sedemikian rupa karena adanya gaya magnet. Daerah-daerah di sekitar magnet di mana gaya magnet dapat dirasakan disebut dengan medan magnet.



**Gambar 25.1 Serbuk Besi yang Dipengaruhi Gaya Magnet**

Medan magnet dapat digambarkan dengan garis-garis dengan anak panah yang menuju atau keluar dari sebuah kutub magnet yang disebut garis gaya magnet. Semakin rapat garis gaya magnet menunjukkan bahwa gaya magnet di tempat tersebut besar. Sebaliknya semakin jarang garis-garis gaya magnet, semakin kecil gaya magnet yang dirasakan. Pada gambar 25.2 terlihat bahwa garis gaya magnet rapat pada bagian kutub magnet dan renggang pada daerah yang jauh dari kutub magnet. Garis gaya magnet keluar dari kutub utara dan masuk pada kutub selatan magnet.

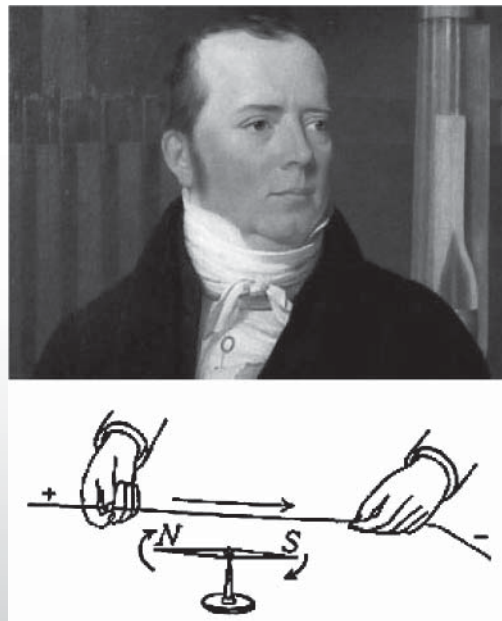


**Gambar 25.2 Penggambaran Medan Magnet**

## **B. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik**

### **Medan magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik**

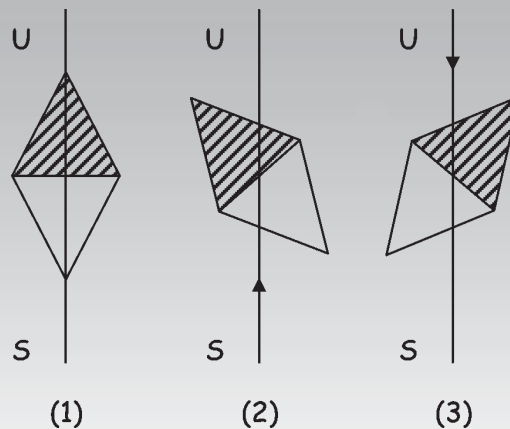
Umumnya medan magnet dapat ditemui di sekitar magnet. Namun secara tidak sengaja H.C Oersted (Gambar 25.3) menemukan bahwa di sekitar kawat berarus listrik ternyata juga terdapat medan magnet. Penemuan yang sepintas terlihat sederhana ini pada akhirnya menghasilkan berbagai perkembangan teknologi listrik magnet yang kita kenal sekarang ini.



**Gambar 25.3 H. C. Oersted dan Temuannya**

Apabila sebuah pengantar dialiri arus listrik, maka di sekitar kawat pengantar tersebut akan timbul medan magnet sebagaimana gambar 25.4 di bawah.





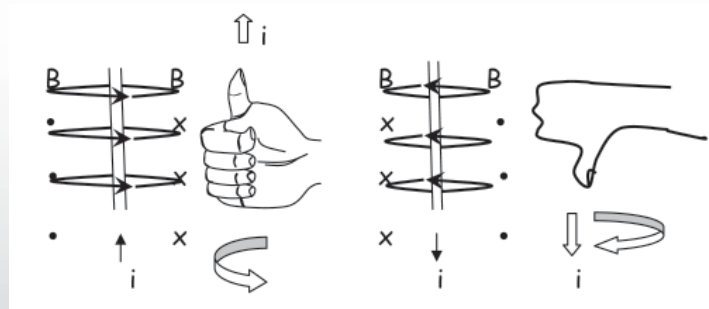
**Gambar 25.4 Pengaruh Kawat Berarus Pada Magnet Jarum**

Keterangan

- Kawat tidak dialiri arus listrik, magnet jarum tetap.
- Kawat dialiri arus listrik dari selatan, magnet jarum menyimpang kekiri.
- Kawat dialiri arus listrik dari utara, magnet jarum menyimpang kekanan.

Besarnya medan magnet akibat arus listrik ini dipengaruhi oleh besarnya kuat arus listrik dan jarak dari kawat. Semakin dekat dengan kawat medan magnet semakin besar dan semakin besar kuat arus semakin besar pula medan magnet yang ditimbulkan.

Bagaimanakah cara menentukan arah medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat berarus ini? Cara menentukan arah medan magnet dapat menggunakan kaidah tangan kanan sebagaimana gambar 25.5.



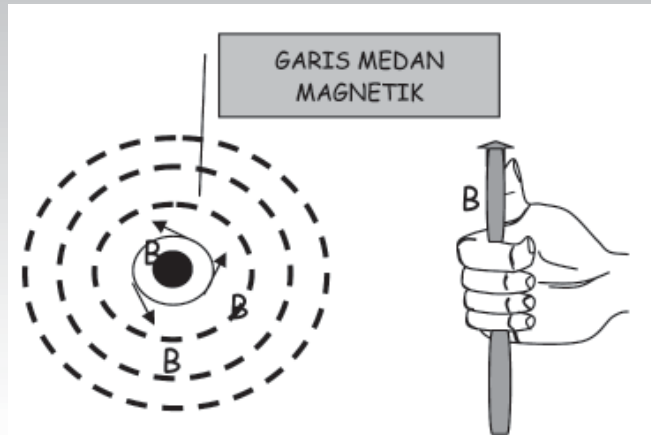
**Gambar 25.5 Menentukan Arah Medan Magnet dengan Tangan Kanan**

Arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik dan arah lipatan jari-jari lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis medan magnetiknya. Tanda titik (.) menyatakan arah medan magnetik B keluar bidang kertas secara tegak lurus, dan tanda silang (x) menyatakan arah medan magnetik B memasuki bidang kertas secara tegak lurus.

Kaidah tangan kanan pada kawat lurus berarus listrik

I = Arus listrik

B = Medan magnetik



Gambar 25.6 Arah Medan Magnet Induksi

- Jika arus menuju Anda ( $\cdot$ ), arah medan magnetik berputar berlawanan arah jarum jam. Namun, jika arus menjauhi anda ( $\times$ ) arah medan magnetik berputar searah jarum jam.

Besarnya medan magnet induksi dapat digambarkan dalam rumusan berikut:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$$

B adalah medan magnet,  $i$  adalah kuat arus dan  $d$  adalah jarak antara suatu titik dengan kawat.

### Medan magnet di sekitar kawat melingkar berarus listrik

Pada kawat bentuk melingkar, induksi magnet yang dibahas dibatasi pada sumbu lingkaran kawat saja. Besarnya Induksi magnet dapat ditentukan dengan rumusan berikut.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2d}$$

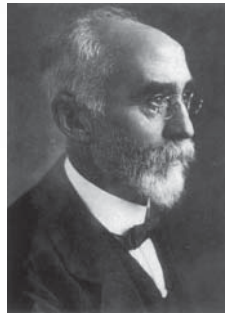
B adalah medan magnet,  $i$  adalah kuat arus dan  $d$  adalah jari-jari lingkaran kawat dengan kawat. Pada sebuah koil jumlah medan magnet induksi tersebut akan berlipat sesuai dengan banyaknya jumlah lilitan koil (Gambar 25.7). Jika jumlah lilitan sebesar  $N$ , maka medan magnet yang timbul pada koil adalah sebagai berikut.

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2d}$$



**Gambar 25.7 Arus Listrik dan Medan Magnet**  
**Koil yang dialiri arus listrik akan menimbulkan medan magnet**

### C. Gaya Lorentz



**Gambar 25.8 Hendrik Lorentz**

#### **Gaya Lorentz Pada Kawat Berarus**

Bagaimana jika sebuah kawat yang berarus listrik berada pada suatu ruangan yang memiliki medan magnet? Ternyata kawat yang berarus listrik dan berada pada ruangan yang memiliki medan magnet akan mengalami gaya. Selanjutnya gaya ini dikenal dengan gaya Lorentz untuk menghargai penemunya Hendrik Lorentz (Gambar 25.8).

Besarnya gaya yang diterima oleh kawat berarus listrik yang berada pada suatu ruangan bermedan magnet ditentukan oleh beberapa hal yaitu kuat arus listrik yang mengalir pada kawat, besarnya medan magnet dan panjang kawat. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F = B I \ell$$

Dimana:

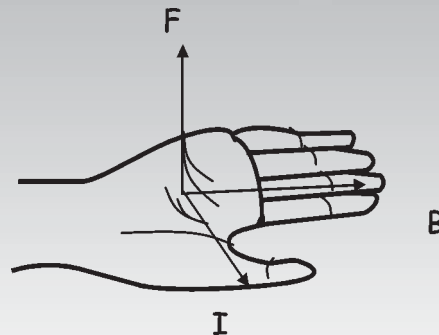
F = gaya Lorentz (N)

I = kuat arus listrik (A)

B = medan magnetik (T)

$\ell$  = panjang penghantar (m)

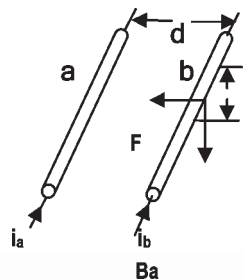
Bagaimana dengan arah gaya Lorentz? Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan.



**Gambar 25.9 Kaidah Tangan Kanan**

Dengan kaidah tangan kanan ditentukan ibu jari sebagai arah arus, jari-jari yang lain sebagai arah induksi magnetnya (B) dan arah keluar dari tangan kanan menentukan arah gaya Lorentz (F).

### Gaya Magnet Diantara Dua Kawat Sejajar



**Gambar 25.10 Kawat Sejajar Berarus**

Jika terdapat dua kawat beraliran listrik maka kedua kawat akan saling tarik menarik karena adanya gaya Lorentz. Gambar 25.10 memperlihatkan kawat sejajar yang panjang yang terpisah sejauh  $d$  terhadap satu sama lain dan yang dialiri arus-arus  $i_a$  dan  $i_b$ . Kawat A akan menimbulkan medan magnet. Akibat medan magnet ini, kawat B akan menjadi kawat berarus yang berada dalam medan magnet. Akibatnya kawat B akan mendapat gaya Lorentz yang arahnya mendekati kawat A. Hal yang sama terjadi pada kawat A. Jadi akan terlihat bahwa kedua kawat akan saling tarik menarik. Bagaimana jika arah arus listrik berlawanan? Analisislah apa yang akan terjadi.

Tarikan di antara dua kawat sejajar yang panjang digunakan untuk mendefinisikan Ampere. Misalkan bahwa jarak diantara kedua-dua kawat tersebut adalah satu meter ( $d = 1,0$  m. tepat) dan bahwa kedua-dua arus tersebut adalah sama ( $i_a = i_b = i$ ) jika arus bersama ini diatur sehingga,

menurut pengukuran, gaya tarik menarik persatuan panjang diantara kawat-kawat tersebut adalah tepat sebesar  $2 \times 10^{-7}$  N/m, maka arus tersebut didefinisikan sebagai 1 ampere.

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \frac{F}{I} &= \frac{\mu_0 i^2}{2\pi d} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m / A})(1 \text{ A})^2}{(2\pi)(1 \text{ m})} \\ &= 2 \times 10^{-7} \text{ N/m.} \end{aligned}$$

### Gaya Lorentz Pada Muatan yang Bergerak

Jika medan magnet dapat menimbulkan gaya pada kawat berarus, maka pasti medan magnet juga dapat menimbulkan “gaya pada muatan yang bergerak”. Gaya magnetik pada partikel bermuatan sangat menarik karena banyak fenomena alam yang dapat dijelaskan dengan konsep ini.

Jika sebuah muatan positif bergerak, maka dapat di analogikan bahwa arah gerak muatan positif ini adalah arah arus listrik. Karenanya muatan positif yang bergerak pada ruang bermedan magnet juga akan mengalami gaya lorent. Besarnya gaya yang diterima oleh muatan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

F adalah gaya lorentz

q adalah muatan

v adalah kecepatan muatan

B adalah medan magnet

### Latihan

1. Sebutkan bunyi gaya Lorentz!
2. Mengapa medan elektomagnet tidak sama dengan medan magnet alam?
3. Bagaimana sebuah medan magnet merupakan medan vektor?
4. Sebutkan 3 contoh penerapan gaya magnet!
5. Apa yang Anda ketahui gaya magnet pada muatan bergerak? jelaskan!

## Rangkuman

1. Medan magnet adalah ruang dimana gaya magnet masih dapat dirasakan.
2. Garis gaya magnet adalah garis-garis yang menggambarkan medan magnet.
3. Medan magnet dapat timbul di sekitar kawat yang berarus listrik.
4. Arah medan magnet induksi ditentukan dengan kaidah tangan kanan.
5. Kumparan/Koil yang berarus listrik akan menimbulkan induksi magnet yang besar pada bagian sumbunya.
6. Kawat berarus yang terdapat dalam medan magnet akan mengalami gaya lorentz.
7. Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan.
8. Muatan yang bergerak dalam medan magnet akan mengalami gaya lorentz.

## Lembar PowerPoint 25.3



# Medan Magnet

### Pertanyaan

Di daerah mana sajakah gaya-gaya magnet dapat dirasakan?

Bagaimanakah hal ini dapat digambarkan?



### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep medan magnet

3

### INDIKATOR

- menjelaskan pengertian medan magnet,
- mendeskripsikan sifat-sifat medan magnet,
- menjelaskan medan magnet di sekitar arus listrik,
- menjelaskan gaya lorentz, dan
- menyelesaikan masalah tentang medan magnet.

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Eksperimen
- Presentasi
- Penguatan
- Demonstrasi
- Curah Pendapat
- Penguatan
- Refleksi

5

### Eksperimentasi

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 5 kelompok.
- Kelompok-kelompok bekerja dengan panduan LK 25.1

6

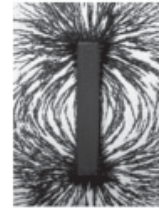
## Presentasi

- Perwakilan kelompok melakukan presentasi
- Kelompok lain menanggapi

7

## Medan magnet

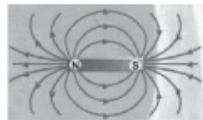
- Daerah dimana gaya magnet masih dirasakan



8

## Menggambarkan Medan Magnet

- Menggunakan garis-garis gaya magnet



## Kawat Berarus

- Ditemukan oleh Oersted

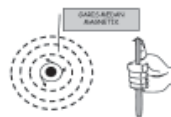
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$$



10

## Kawat Berarus

- Arah dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan



11

## Kumparan

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{2d}$$



12



### Demonstrasi

- Perhatikan demonstrasi berikut.

13

### CURAH PENDAPAT

- Apakah yang dimaksud dengan gaya lorentz
- Bagaimana besar dan arahnya?

14

### Gaya Lorentz

- Gaya yang dialami jika kawat berarus berada dalam ruangan bermedan magnet

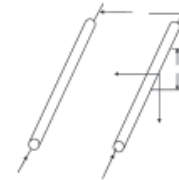
$$F = B I l$$

F = gaya Lorentz (N)  
 I = kuat arus listrik (A)  
 B = medan magnetik (T)  
 l = panjang penghantar (m)

15

### Kawat Sejajar

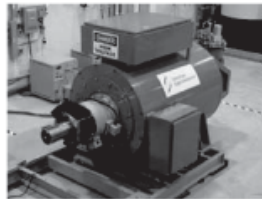
- Jika arah arus searah akan saling tarik menarik



16

### Aplikasi

- Motor Listrik
- Generator Listrik



18

### Penilaian

- Kerjakan soal-soal yang terdapat pada lembar penilaian 25.4

## Lembar Penilaian 25.4



### Tes Tulis

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan yang dimaksud dengan medan magnet!
2. Mengapa inti trafo terbuat dari bahan besi lunak dan bukan aluminium?
3. Pada waktu kita bertamu biasanya pintu sering terdapat bel listrik. Ketika bel itu ditekan di dalam rumah akan terdengar bel berbunyi. Bagaimanakah prinsip kerja bel listrik?
4. Jika kawat ditempatkan dalam medan magnet, arah medan magnet dari atas ke bawah, arah arus menjauhi anda. Kemana arah gaya pada kawat itu?
5. Dua kawat sejajar masing - masing membawa arus, jika sebatang kawat lain diletakkan diantara kedua kawat itu dan arah arus ketiga kawat sejajar, apakah resultan gaya pada kawat yang tengah sama dengan nol?
6. Jelaskan gaya yang dialami oleh elektron yang bergerak pada ruangan dengan medan magnet yang seragam!

## Daftar Pustaka

Arus Intelek dan Arena Buku. 1993. *Ensiklopedii Sains-2*. Jakarta: PT. Aries Lima Jakarta.

Kamajaya, K. 2003. *Fisika SMU*. Jakarta: Grafindo Media Pratama.

Grolier International, Inc. 2001. *Ilmu Fisika Populer*. Jakarta: PT. Widyadara.

Suryanti, dkk. 2003. *Konsep Dasar IPA/FISIKA SD*. Surabaya: Universitas Surabaya.

Tim Seqip. 2000. *Buku IPA Guru*. Science Education Quality Improvement Project. Malang: Universitas Negeri Malang

Wahana UP. 2000. *Konsep Dasar Fisika SD*. Buku Panduan dan Bahan Belajar Mandiri. Bandung: UPI Press

Surya, Yohanes. 2001. *Fisika Itu Mudah*. Jakarta: PT. Bina Sumber Daya MIPA

## Paket 26

# ALAM SEMESTA

## Pendahuluan



Pada paket 26 ini mahasiswa-mahasiswi akan mempelajari asal mula alam semesta, mengenal alam semesta, teori terbentuknya alam semesta, dan umur alam semesta. Materi pada pertemuan ini akan menjadi dasar untuk mempelajari materi tentang tata surya pada Paket 27. Pemahaman materi ini diharapkan dapat menjadi bekal membelajarkan materi Bumi dan Antariksa di MI.

Dalam paket ini, perkuliahan dimulai dengan memberikan motivasi pentingnya mempelajari masalah alam semesta. Selanjutnya, mahasiswa-mahasiswi diberikan kesempatan untuk membangun konsep dasar tentang perbedaan alam mikrokosmos dan makrokosmos melalui kerja berpasangan. Perwakilan pasangan akan mempresentasikan hasil kerjanya dan ditegaskan oleh dosen dengan memanfaatkan *slide PowerPoint* yang tersedia. Setelah itu mahasiswa-mahasiswi akan berkelompok dalam kelompok kecil untuk melakukan diskusi tentang teori tentang asal-usul terbentuknya alam semesta dengan panduan LK 26.1. Setelah penguatan dan memberikan kesempatan bertanya, dosen akan meminta mahasiswa-mahasiswi merefleksikan kegiatan perkuliahan. Dosen juga meminta mahasiswa-mahasiswi mengerjakan lembar penilaian 26.4 di rumah.

Mengingat banyak gambar-gambar yang harus ditampilkan, penyiapan LCD proyektor dan penggunaan slide powerpoint sangat dianjurkan dalam perkuliahan ini.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi menganalisis konsep alam semesta

### Indikator Kompetensi

Pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat:

1. menjelaskan alam semesta,
2. membedakan alam mikrokosmos dan alam makrokosmos,
3. menjelaskan teori *big bang* tentang terbentuknya alam semesta,
4. membedakan antara teori *steady state* dan *teori oscillation*,
5. menjelaskan prediksi tentang umur alam semesta, dan
6. menjelaskan teori terbentuknya alam semesta dan kaitannya dengan keberadaan Tuhan.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

- Menenal Alam Semesta
  - Mikrokosmos
  - Makrokosmos
- Teori Terbentuknya Alam Semesta
  - Teori Big Bang
  - Teori Steady State
  - Teori Oscillation
- Umur Alam Semesta

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan LK 26.1
2. Lembar Uraian Materi 26.2
3. Lembar *PowerPoint* 26.3
4. Lembar Penilaian 26.4
5. Alat: LCD dan komputer (disiapkan dosen sendiri)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Mahasiswa-mahasiswi diminta mencermati gambar tentang alam semesta. Bagaimanakah alam semesta ini terbentuk?	Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 26.3
5'	2. Brainstorming tentang teori terbentuknya alam semesta.	Curah Pendapat	
3'	3. Dosen menyampaikan tujuan dan langkah-langkah perkuliahan.	Presentasi	
	<b>Kegiatan Inti</b>		
10'	1. Mahasiswa-mahasiswi bekerja berkelompok, tiap-tiap kelompok terdiri atas dua orang. Setiap pasangan menjelaskan perbedaan antara alam mikrokosmos dan makrokosmos.	Kerja Berpasangan	<i>Slide PowerPoint</i> 26.3
10'	2. Perwakilan pasangan mempresentasikan hasil kerjanya dan pasangan yang lain menanggapi.	Presentasi dan Diskusi	
15'	3. Dosen memberikan penguatan tentang alam semesta, mikrokosmos dan makrokosmos.	Ceramah Bervariasi	<i>Slide PowerPoint</i> 26.3
15'	4. Mahasiswa-mahasiswi bekerja berkelompok dengan panduan LK 26.1.	Kerja Kelompok	LK 26.1
10'	5. Perwakilan setiap kelompok menyampaikan hasil diskusi dilanjutkan tanya jawab.	Presentasi	
20'	6. Dosen memberikan penguatan dan memberikan kesempatan mahasiswa untuk bertanya.		<i>Slide PowerPoint</i> 26.3

1	2	3	4
5'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan yang telah diberikan.	Presentasi	
5'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas untuk mengerjakan Lembar Penilaian 26.4. Mahasiswa- mahasiswi mempelajari bahan perkuliahan untuk pertemuan selanjutnya.	Penugasan	Lembar Penilaian 26.4

## Lembar Kegiatan 26.1



# ALAM SEMESTA

### Pengantar

Bagaimana alam semesta ini terbentuk? Sampai sekarang asal-usul alam semesta ini masih merupakan misteri. Manusia diberi kemampuan untuk mengungkap misteri tersebut dengan menggunakan teknologi yang semakin canggih berupaya mencari tahu apa, bagaimana, mengapa dan kapan sebenarnya alam semesta ini terbentuk.

Alam semesta bukanlah sesuatu yang terjadi begitu saja, tetapi alam semesta diciptakan oleh Tuhan dengan seketika dari ketiadaan. Bukti-bukti menunjukkan bahwa alam semesta ini terdiri dari beberapa unsur dan gas-gas. Banyak teori-teori menjelaskan tentang terbentuknya alam semesta.

### Tujuan

Memahami asal-usul alam semesta serta implikasinya dalam kehidupan sehari-hari

### Bahan dan Alat

- Handout perkuliahan (Uraian Materi 26.2)
- Al-Quran
- Alat tulis

### Langkah kegiatan

1. Pelajarilah handout tentang teori-teori terbentuknya alam semesta, selanjutnya jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!
  - a. Bagaimana asal mula terbentuknya alam semesta ini?
  - b. Mengapa dari beberapa teori tentang terbentuknya alam semesta tidak semuanya dapat diterima oleh masyarakat dunia?
  - c. Hal apa yang menyebabkan terbentuknya alam semesta ini ?
  - d. Bagaimana aplikasi dari teori asal-usul alam semesta ini dihubungkan dengan keberadaan Tuhan? Berikan penjelasannya tersebut diambil dari al-Qur'an.
  - e. Setelah memahami asal-usul alam semesta, bagaimana sikap kita dalam kehidupan sehari-hari?
2. Buatlah laporan hasil pembahasan soal tersebut dalam bentuk laporan diketik dan di transparan atau *PowerPoint*.



## Uraian Materi 26.2



# ALAM SEMESTA

## A. Mengenal Alam Semesta

Alam semesta meliputi semua benda baik yang dapat dilihat maupun benda yang tak terlihat. Menurut masyarakat Yunani Kuno, alam semesta terdiri atas bumi dan langit. Bumi sangat kecil jika dibandingkan dengan langit. Bumi diatur oleh beberapa dewa antara lain Helios (Dewa Matahari) dan Zeus (Dewa Guntur). Pendapat tersebut tidak lama bertahan karena adanya pengamatan dan pemikiran yang lebih maju dari beberapa tokoh filosof seperti Pythagoras, Aristoteles, dan Ptolomeus.

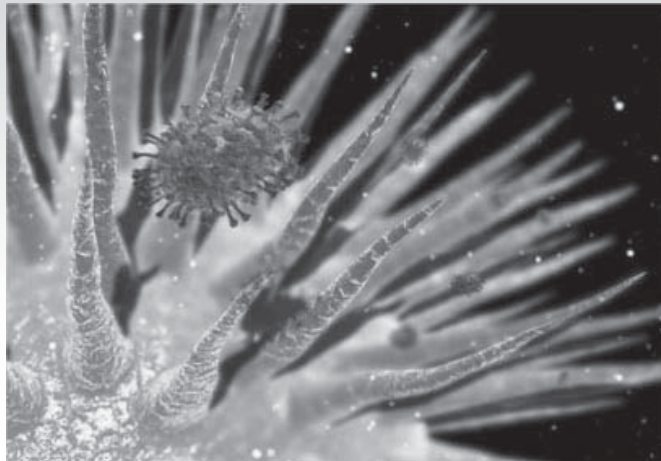
Menurut Pythagoras bumi berbentuk bulat atau tidak berujung pangkal. Sedangkan menurut Aristoteles, planet dan bintang-bintang itu semua beredar mengelilingi Bumi. Bumi memiliki langit yang berlapis-lapis berjumlah delapan, masing-masing langit terdiri dari kristal (kaca) yang tembus cahaya. Ptolomeus berpendapat bahwa benda-benda langit beredar mengelilingi bumi pada ruang besar yang kosong. Yang menjadi pusat benda langit adalah bumi. Oleh karena itu teori ini disebut teori geosentris.

Pandangan yang lebih modern dikemukakan oleh Copernicus. Menurut Copernicus, hanya bulan yang beredar mengelilingi bumi sedangkan planet-planet lain tidak. Semua benda termasuk bumi dan bulan beredar mengelilingi matahari.

### Mikrokosmos

Jika dilihat dari ukuran besarnya, materi di alam semesta ini dibagi dalam dua bagian besar, yaitu bagian yang berukuran sangat kecil, dalam orde mikron atau bahkan yang lebih kecil lagi, dan ada lagi benda-benda yang berukuran sangat besar dengan ukuran meter, kilometer, atau bahkan ribuan kilometer. Benda-benda dengan ukuran sangat kecil termasuk dalam alam mikrokosmos, seperti sel, jaringan, atom, proton, elektron sehingga untuk melihatnya perlu alat bantu khusus atau bahkan hanya dapat diamati dari gejalanya saja. Kenyataan tersebut sama menariknya dalam dunia yang serba besar (makrokosmos) dengan ukuran jarak yang sangat jauh berorde ribuan, jutaan, dan bahkan milyaran kilometer. Pada tahun 1665 ilmuwan bangsa Inggris, Robert Hooke, dengan menggunakan mikroskop yang masih

sederhana, melihat bahwa gabus terdiri dari struktur gelembung berdinging seperti sarang lebah. Rongga berdinging ini disebut sel. Oleh para ilmuwan, sel dianggap sebagai kota-kota kecil yang berisi bahan kehidupan. Dengan mikroskop modern dapat dilihat bahwa sel bukan hanya sebagai wadah kehidupan, tetapi lebih merupakan bahan kehidupan. Gambar 26.1 menunjukkan contoh alam mikrokosmos.

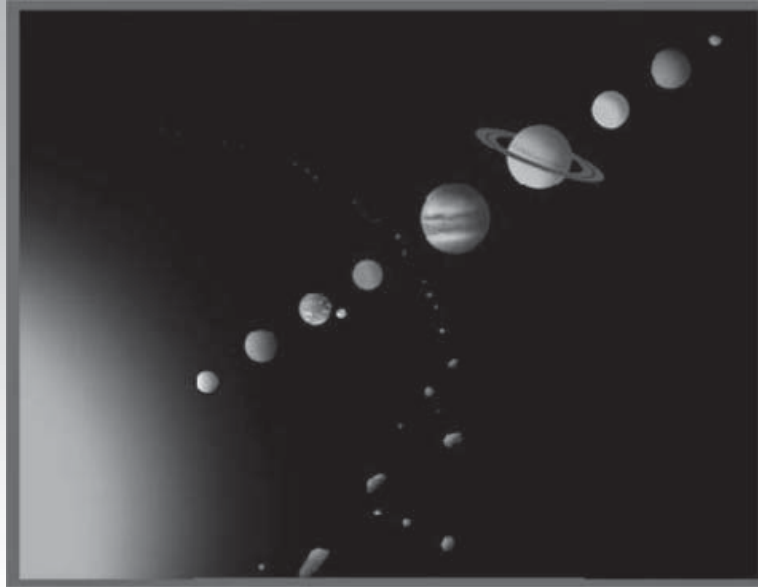


**Gambar 26.1 Virus: Contoh Alam Mikrokosmos**

Pada tahun 1869 Friedrich Miescher, seorang ahli biokimia, berhasil memisahkan suatu zat dari inti sel. Zat ini sekarang oleh para ilmuwan dinamakan asam deoksiribonukleat atau disingkat dengan DNA yang merupakan mata rantai antara zat bernyawa dan tak bernyawa. Mempelajari mikrokosmos ternyata benar-benar menakjubkan. Benda dalam ukuran yang sangat kecil berorde Angstrom ( $10^{-10}\text{m}$ ) bukan merupakan suatu hal yang aneh, dengan bantuan mikroskop, benda dengan ukuran mikro ini dapat diamati secara langsung fenomenanya, dan dapat dimanipulasi bagian-bagiannya, misalnya diberi zat tertentu untuk diketahui perubahannya.

### **Makrokosmos**

Setelah Galilei (1564-1642) menemukan teleskop, makin banyak benda langit berukuran besar ditemukan. Objek pengamatan benda-benda dalam alam makrokosmos ini misalnya bintang, planet, dan galaksi sebagaimana Gambar 26.2. Pengamatan dan teknik analisisnya alam makrokosmos sangat berbeda caranya dengan dunia mikro. Objek benda makrokosmos tidak dapat diamati langsung dalam jarak dekat, tidak dapat dipegang, dan dimanipulasi.



**Gambar 26.2 Contoh Alam Makrokosmos**

Pengamatan biasanya dilakukan dengan menggunakan teropong jarak jauh, kemudian analisis dilakukan dengan pertolongan spektrum yang diterimanya. Misalnya, pengukuran suhu permukaan matahari dilakukan secara tak langsung melalui warna spektrum yang diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa suhunya sekitar  $6.000^{\circ}$  C. Pengukuran massa bumi, misalnya, dengan pertolongan hukum gravitasi, yang akhirnya dapat dirumuskan bahwa intensitas medan gravitasi atau percepatan gravitasinya yang dapat ditentukan di suatu tempat:

$$g = G M/R^2 \dots\dots\dots (1)$$

- $g$  = percepatan gravitasi bumi dapat dicari dengan percobaan, misalnya dengan ayunan matematis (  $9,8 \text{ m/s}^2$  )  
 $G$  = konstanta gravitasi =  $6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$   
 $R$  = jari-jari bumi = 6370 km. (melalui pengamatan seismologi).  
 $M$  = massa bumi, yang akhirnya dapat dicari besarnya.

Tanpa menggunakan alat bantu pengamatan seperti teropong, orang pada zaman dahulu menganggap bumi berupa dataran yang pipih, dan mengira bumi sebagai pusat dari semua materi yang ada di alam ini, termasuk matahari. Paham ini disampaikan oleh Ptolomeus dikenal dengan paham geosentris. Paham ini dianut oleh orang-orang Yunani kuno hingga 14 abad. Barulah pada tahun 1540 an seorang astronom Polandia yang bernama Nicolaus Copernicus memberanikan diri dengan teori heliosentris, yang menyatakan bahwa planet-planet termasuk bumi bergerak mengelilingi matahari.

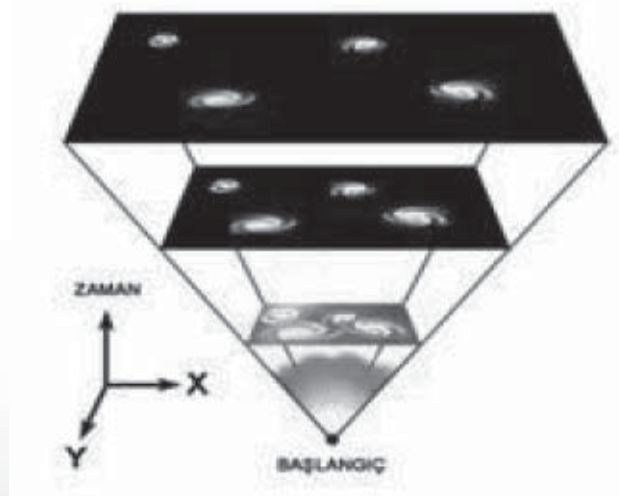
## B. Teori Terbentuknya Alam Semesta

Ada tiga teori tentang terbentuknya alam semesta, yaitu teori big bang, teori steady state, dan teori osilasi.

### Teori Ledakan Besar (Big Bang Theory)

Teori big bang menganggap alam semesta berawal dari sebuah ledakan yang sangat hebat, kemudian bagian-bagiannya berputar membentuk galaksi-galaksi. Teori ini bertolak dari asumsi adanya suatu massa yang sangat besar sekali dan mempunyai berat jenis yang sangat besar, meledak dengan hebat karena adanya reaksi inti. Massa itu kemudian berserak mengembang dengan sangat cepatnya menjauhi pusat ledakan.

Setelah berjuta-juta tahun, massa yang berserakan itu terbentuk menjadi kelompok-kelompok galaksi yang ada sekarang. Mereka terus bergerak menjauhi titik pusatnya. Teori ini didukung oleh kenyataan dari pengamatan bahwa galaksi-galaksi itu memang bergerak menjauhi titik pusat yang sama.



Gambar 26.3 Teori Big Bang

Menurut teori big bang (Gambar 26.3), segala sesuatu berawal dari ledakan satu titik tunggal berkerapatan tak terhingga dan bervolume nol. Seiring dengan berjalannya waktu, ruang angkasa mengembang dan ruang yang memisahkan antara benda-benda langit pun mengembang.

Sejumlah penemuan telah memperkuat teori big bang. Dr. Cannon mengatakan bahwa alam semesta terbentuk melalui suatu ledakan raksasa pada ruang teramat kecil dan sejak itu mengembang terus menerus. Seorang ahli astronomi terkenal dari Universitas Cambridge mengatakan bahwa

meskipun menggunakan teknik-teknik statistik dan pengamatan berbeda, kelompok-kelompok tersebut telah sampai pada suatu kesimpulan yang sama dan ia menganggap hal ini sebagai sebuah petunjuk akan kebenaran hasilnya.

### **Teori Keadaan Tetap (*Steady-State Theory*)**

Teori Steady State mengatakan bahwa galaksi-galaksi menjauh dan dunia ini mengembang, kemudian di sela-selanya akan muncul galaksi baru.

Segala sesuatu di alam semesta ini kelihatan sama meskipun galaksi-galaksi menjauh satu dengan yang lain. Hal itu karena materi di alam semesta dapat terbentuk terus-menerus dalam ruang kosong dengan kecepatan yang seimbang untuk mengganti materi yang berpindah. Tiap-tiap galaksi terbentuk, tumbuh menjadi tua dan akhirnya mati pada saat bintang-bintang mendukung galaksi itu berevolusi mencapai keadaan bayang putih (katai putih). Beberapa ahli astronomi yang mendukung teori ini, antara lain. Fred Hoyle, Herman Bondi, dan Thomas Gold.

### **Teori Osilasi (*Oscillation Theory*)**

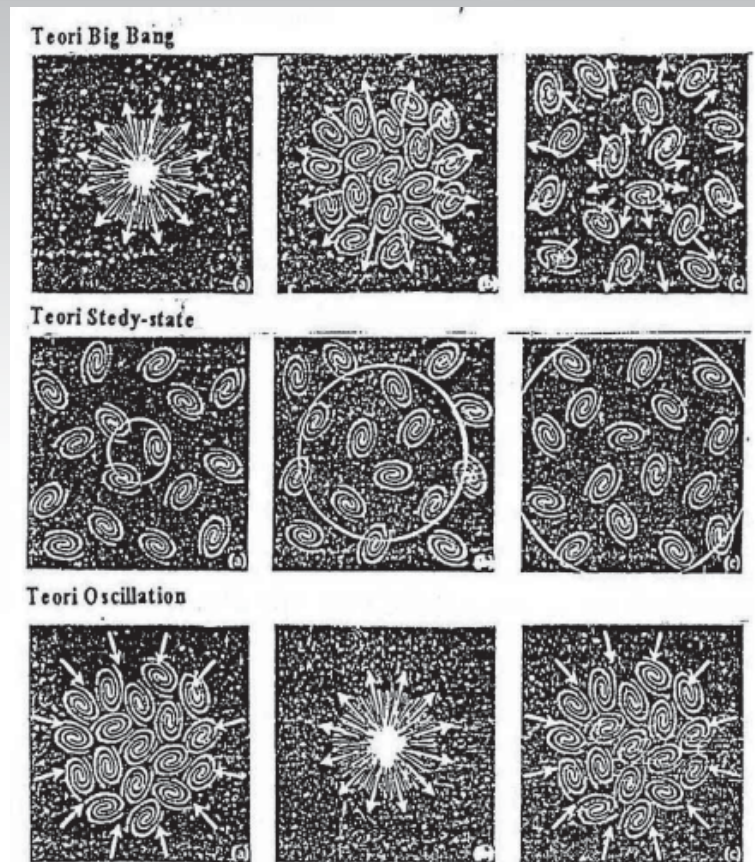
Teori Osilasi atau teori ekspansi-kontraksi menganggap bahwa alam semesta yang terdiri dari galaksi-galaksi yang mengalami penyusutan dan merapat kemudian meledak dan galaksi-galaksi penyusun alam semesta ini kembali merapat lagi dan proses berulang tetapi dalam waktu yang sangat lama, yaitu ratusan juta tahun. Teori ini berdasarkan pemikiran bahwa ada suatu siklus dari alam semesta, yaitu "masa ekspansi". Diduga bahwa siklus ini berlangsung dalam waktu 30.000 juta tahun.

Dalam masa ekspansi terbentuklah galaksi-galaksi serta bintang-bintangnya. Ekspansi ini didukung oleh adanya tenaga yang bersumber dari reaksi inti hidrogen yang pada akhirnya akan membentuk berbagai unsur yang terbentuk menyusut dengan mengeluarkan tenaga berupa panas yang sangat tinggi.

Semua materi bergerak saling menjauhi yang bermula dari massa termampat. Materi itu akhirnya memperlambat dan pada suatu saat akan lebih lambat dari kecepatan lepas kritis, berhenti, dan mulai mengkerut akibat gaya gravitasi. Dalam proses itu tidak ada materi yang rusak, hilang, atau tercipta, melainkan hanya berubah tatanannya atau mengalami goyangan (*oscillation*).

Teori big-bang maupun teori *oscillation* atau ekspansi-kontraksi kedua-duanya mendukung suatu kebenaran bahwa partikel yang ada pada zaman sekarang ini berasal dari partikel yang ada pada zaman dahulu. Berdasarkan teori

ekspansi dan kontraksi, sebenarnya alam semesta ini tidak berawal dan tidak berakhir.



**Gambar 26.4** Tiga teori tentang terbentuknya alam semesta yaitu teori big bang, steady state dan teori osilasi

### C. Umur Alam Semesta

Ahli fisika yakin bahwa jagad raya atau alam semesta ini berawal dari unsur hidrogen, sedangkan unsur-unsur lainnya merupakan sintesis yang terjadi di bagian dalam planet-planet. Awal sintesis bumi diperkirakan 15 milyar tahun yang lalu.

Alam semesta mula-mula dalam keadaan mampat, tidak menetap, dan meledak meledakkan gumpalan besar dan melayang dari tempatnya mengembang bergerak menjauh. Maka, terbentuklah galaksi, sebagian memadat menjadi planet-planet. Bila jarak antara galaksi dapat ditentukan, maka umur jagad raya atau alam semesta ini dapat ditentukan, yaitu dengan jalan membagi jarak dengan kecepatan mengembangnya. Menurut perhitungan, umur alam semesta ini berkisar antara sepuluh sampai lima belas milyar tahun.



## Latihan

1. Bagaimana alam semesta ini (bumi) menurut pendapat beberapa ilmuwan seperti Pythagoras, Aristoteles, dan Copernicus?
2. Jelaskan perbedaan antara mikrokosmos dan makrokosmos tentang materi penyusun alam semesta?
3. Teori big bang merupakan teori terbentuknya alam semesta yang banyak didukung. Mengapa demikian?
4. Berapa kira-kira umur alam semesta ini?

## Rangkuman

1. Alam semesta berawal dari ledakan besar yang membentuk ruang, massa, dan tenaga.
2. Berdasarkan ukuran besarnya, materi di alam semesta ini dapat dibagi dalam dua bagian besar, yaitu bagian yang terdiri dari benda-benda dengan ukuran sangat kecil, termasuk alam mikrokosmos, seperti sel, jaringan, atom, proton, dan elektron. Bagian-bagian yang terdiri dari objek pengamatan benda-benda besar dalam alam makrokosmos, misalnya bintang, planet, dan galaksi.
3. Teori Big Bang menyatakan bahwa alam semesta berawal dari sebuah ledakan yang sangat hebat, kemudian bagian-bagiannya berputar membentuk galaksi-galaksi.
4. Teori Steady State (teori keadaan tetap) mengatakan bahwa galaksi-galaksi menjauh dan dunia ini mengembang, kemudian di sela-selanya akan muncul galaksi galaksi baru.
5. Teori Oscillation atau teori ekspansi-kontraksi menganggap bahwa alam semesta yang terdiri dari galaksi-galaksi ini mengalami penyusutan dan merapat. Kemudian meledak dan galaksi-galaksi penyusun alam semesta ini kembali merapat lagi dan proses berulang.

## Lembar PowerPoint 26.3



# Alam Semesta

## Pertanyaan

- Bagaimanakah alam semesta ini terbentuk?



2

## KOMPETENSI DASAR

- menganalisis konsep alam semesta

3

## INDIKATOR

- menjelaskan alam semesta,
- membedakan alam mikrokosmos dan alam makrokosmos,
- menjelaskan teori *big bang* tentang terbentuknya alam semesta,
- membedakan antara teori *steady state* dan teori *oscillation*,
- menjelaskan prediksi tentang umur alam semesta, dan
- menjelaskan teori terbentuknya alam semesta dan kaitannya dengan keberadaan Tuhan

4

## Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Kerja berpasangan
- Presentasi
- Penguatan
- Diskusi kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Kerja Mandiri
- Refleksi

5

## Kerja Berpasangan

- Mahasiswa-mahasiswi berpasangan.
- Menjawab pertanyaan:
  - Apakah perbedaan antara alam mikrokosmos dan alam makrokosmos?

6



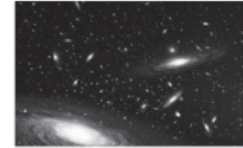
### Presentasi

- Perwakilan pasangan mempresentasikan hasil kerjanya
- Pasangan lain menanggapi

7

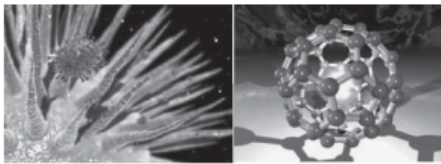
### Alam Semesta

- Semua benda yang wujud baik yang dapat dilihat maupun tidak dapat dilihat



### Mikrokosmos

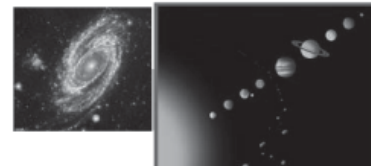
- Alam yang renik, berukuran mikron atau angstrom.



8

### Makrokosmos

- Alam yang berukuran km dan sampai jutaan km



### Umur Alam

- Diperkirakan sudah 15 milyar tahun



9

### Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

12

## Lembar Penilaian 26.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan materi yang menyusun alam semesta yang terdiri dari unsur-unsur mikrokosmos?
2. Analisislah bahwa alam semesta tersusun atas makrokosmos!
3. Ada 3 teori tentang terbentuknya alam semesta. Jelaskan bagaimana terbentuknya alam semesta menurut teori big bang?
4. Jelaskan perbedaan teori steady state dan teori osilasi tentang terbentuknya alam semesta!
5. Bagaimana aplikasi Anda tentang teori-teori terbentuknya alam semesta dengan keberadaan Tuhan? Berikan penjelasan disertai ayat-ayat dari Al-Quran.

## Daftar Pustaka

[http://api.fmanager.net/api\\_vl/productDetail.php?dev\\_t=EDCRFV &objectid=4477](http://api.fmanager.net/api_vl/productDetail.php?dev_t=EDCRFV &objectid=4477)

<http://www.harunyahya.com/indo/artikel/073.htm>

<http://www.mail.archive.com/milis@iapkkt.org/msg01930.html>

Soetjipto. 2007. *Ilmu Pengetahuan Bumi Antariksa*. Surabaya: Unesa Press.

Tjasyono, Bayong. 2006. *Ilmu Kebumian dan Antariksa* . Bandung: Remaja Rosda Karya

## Paket 27

# TATA SURYA

## Pendahuluan



Pada Paket 27 ini, mahasiswa-mahasiswi akan belajar tentang tata surya. Materi tata surya terkait dengan materi alam semesta yang telah dipelajari pada paket sebelumnya. Melalui perkuliahan dengan panduan paket ini diharapkan mahasiswa-mahasiswi memiliki bekal dalam membelajarkan materi tata surya di Madrasah Ibtidaiyah

Perkuliahan dimulai dengan tanya jawab dan curah pendapat untuk memotivasi siswa mempelajari materi tata surya. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi akan melakukan diskusi kelompok untuk memahami tata surya dan komponennya dengan panduan LK 27.1.A. Dosen diharapkan memberikan penguatan dan memberikan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya. Untuk memahami karakteristik penampakan bulan, mahasiswa-mahasiswi akan bekerja kelompok mengembangkan peraga penampakan bulan dengan panduan LK 27.1.B. Beberapa kelompok diminta mendemonstrasikan peraganya di depan kelas. Setelah memberikan penguatan dan kesempatan pada mahasiswa-mahasiswi untuk bertanya, dosen meminta mahasiswa-mahasiswi merefleksikan kegiatan perkuliahan dan mengerjakan lembar penilaian 27.4 di rumah.

Untuk keperluan kerja kelompok, sebaiknya berbagai bahan disiapkan dan dikoordinasikan sebelum proses perkuliahan. Mahasiswa-mahasiswi juga perlu diberikan tugas untuk mencermati uraian materi sebelum perkuliahan berlangsung.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi dapat menerapkan konsep tata surya

### Indikator Kompetensi

Pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat:

1. menjelaskan teori-teori terbentuknya tata surya,
2. menjelaskan tentang hukum peredaran planet,
3. menjelaskan perbandingan diameter bumi dan matahari,
4. menjelaskan manfaat penting matahari bagi kehidupan di bumi,
5. mengelompokkan planet dalam tata surya termasuk dalam kelompok planet dalam dan planet luar,
6. mengidentifikasi ciri-ciri fisik planet-planet,
7. menganalisis penampakan bulan pada malam hari, dan
8. memberikan contoh dampak adanya gravitasi bumi terhadap materi yang ada disekitar kita.

### Waktu

2 x 50 menit

### Materi Pokok

1. Teori Terbentuknya Tata Surya
2. Hukum Peredaran Planet
3. Matahari dan Planet-planet Lainnya
4. Rotasi dan Revolusi Bumi
5. Bulan
6. Hukum Gravitasi Bumi

### Kelengkapan Bahan Perkuliahan

- 1 Lembar Kegiatan LK 27.1
- 2 Lembar Uraian Materi 27.2
- 3 Lembar *PowerPoint* 27.3
- 4 Lembar Penilaian 27.4
- 5 Alat: LCD dan komputer (disiapkan dosen sendiri)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Dosen memotivasi mahasiswa-mahasiswi dengan mengajukan pertanyaan. "Berapa banyak benda semacam matahari di alam semesta?" "Mungkinkah terdapat kehidupan lain di luar Bumi?"	Tanya Jawab	<i>Slide PowerPoint</i> 27.3
5'	2. Mahasiswa-mahasiswi menanggapi dan mengomentarnya. Diharapkan dapat mengungkapkan pemahaman awal tentang tata surya.	Curah Pendapat	
3'	3. Dosen menjelaskan tujuan dan langkah perkuliahan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 27.3
	<b>Kegiatan Inti</b>		
20'	1. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi beberapa kelompok, tiap-tiap kelompok melakukan kegiatan sesuai dengan LK 27.1.A	Diskusi Kelompok	Lembar Kegiatan 27.1.A
15'	2. Perwakilan setiap kelompok mempresentasikan hasil kerjanya. Dilanjutkan dengan tanya jawab.	Presentasi, dan Tanya Jawab	
10'	3. Dosen memberikan penguatan tentang teori terbentuknya tata surya, hukum peredaran planet dan matahari serta planet-planetnya.	Ceramah	<i>Slide PowerPoint</i> 27.3
15'	4. Mahasiswa-mahasiswi berkelompok bekerja merancang suatu alat peraga untuk menjelaskan tentang penampakan bulan yang berubah-ubah pada malam hari, serta posisi terjadinya gerhana matahari dan gerhana bulan.	Kerja Kelompok	Lembar Kegiatan 27.1.B

1	2	3	4
10'	5. Perwakilan masing-masing kelompok mendemonstrasikan hasil rancangannya. Dilanjutkan diskusi dan tanya jawab.	Demonstrasi, Tanya Jawab.	
10'	6. Dosen menegaskan konsep tentang rotasi dan revolusi bumi, bulan, serta hukum gravitasi bumi.	Ceramah	Lembar <i>PowerPoint</i> 27.3
7'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan yang telah diberikan.	Presentasi	
3'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 2. Dosen memberikan tugas mempelajari bahan perkuliahan untuk pertemuan selanjutnya dan mengerjakan Lembar penilaian 27.4 di rumah.	Penugasan	Lembar Penilaian 27.4

## Lembar Kegiatan 27.1.A



# TATA SURYA

## Pengantar

Apabila pada malam hari yang cerah kita menengadah ke langit akan terlihat beribu-ribu bintang banyaknya. Bintang-bintang itu tampak berkedip-kedip, hal ini disebabkan pengaruh udara di atmosfer bumi yang bergerak. Apakah bintang itu sebenarnya, dan bagaimana membedakannya dengan benda langit yang lain yang tampak sama-sama bercahaya? Apabila kita melihat ke langit dengan menggunakan alat bantu teleskop, akan tampak bintang yang semakin banyak dan semakin terang walaupun masih juga tetap berupa titik karena jauhnya. Pada kegiatan berikut ini mahasiswa-mahasiswi akan menyelesaikan beberapa pertanyaan-pertanyaan, selanjutnya diharapkan dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan.

## Tujuan

1. Memahami teori-teori terbentuknya tata surya dan anggota tata surya dalam galaksi
2. Mengaplikasikan pemahaman tentang tata surya dalam kehidupan

## Alat dan Bahan

1. Alat Tulis
2. Uraian materi 27.2
3. Kertas plano
4. spidol

## Langkah Kegiatan

1. Diskusikan beberapa permasalahan di bawah ini!
  - Hipotesis Nebular menjelaskan bahwa tata surya terbentuk dari kondensasi massa awan gas atau kabut gas yang sangat panas. Ternyata teori ini masih ada kelemahannya. Jelaskan !
  - Venus merupakan planet yang dekat dengan bumi. Di planet ini diperkirakan ada kehidupan. Jelaskan kebenaran pernyataan tersebut? Bandingkan pula dengan planet mars!
  - Bumi mengelilingi matahari (revolusi) dalam keadaan miring sambil berputar pada porosnya (rotasi). Matahari terkadang terlihat seperti



berpindah dari tempatnya (gerak semu matahari). Bagaimana akibat dari penampakan matahari bagi manusia yang ada di bumi?

- Buatlah suatu kajian tentang tata surya ini dihubungkan dengan agama serta tuntunan apa saja yang dapat kita ambil hikmahnya dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.
2. Gunakan Uraian Materi 27.2 sebagai salah satu bahan menjawab permasalahan di atas!
  3. Buatlah laporan hasil diskusi jawaban dari permasalahan tersebut dikertas plano
  4. Persiapkan anggota kelompok untuk mempresentasikan hasilnya dan didiskusikan.

## Lembar Kegiatan 27.1.B



# PENAMPAKAN BULAN

### Pengantar

Penampakan bulan selalu berubah setiap harinya. Pada saat tertentu bulan penuh dan pada saat lain menghilang. Bagaimana hal ini dapat dijelaskan? Melalui kegiatan ini mahasiswa-mahasiswi diharapkan dapat memahami penampakan bulan.

### Tujuan

Menganalisis penampakan bulan

### Alat dan Bahan

1. Kertas plano
2. Bola pingpong
3. Bola lampu

### Langkah kegiatan

1. Pelajarilah materi peredaran dan penampakan bulan di bagian uraian materi 27.2!
2. Rancanglah sebuah demonstrasi yang dapat menjelaskan penampakan bulan yang selalu berubah!
3. Tuliskan hasil kerja kalian di kertas plano!
4. Siapkan anggota kelompok kalian untuk menunjukkan peragaan yang telah dirancang!

## Uraian Materi 27.2



# TATA SURYA

### A. Teori Terbentuknya Tata Surya

Tata surya diperkirakan terbentuk sejak 4,6 milyar tahun yang lalu dan merupakan hasil pengumpulan gas dan debu di angkasa yang membentuk matahari dan planet-planet yang mengelilinginya. Tata surya dipengaruhi oleh gaya gravitasi matahari dan sistem yang setara tata surya. Tata surya terdiri dari matahari sebagai pusat, planet, satelit, komet, dan benda-benda langit yang mengelilinginya.

Sebagaimana diketahui, dalam teori heliosentris matahari merupakan pusat dari perputaran planet-planet yang ada di sekitarnya. Matahari sebagai satu-satunya bintang di dalamnya dan merupakan sumber cahaya. Matahari adalah satu di antara jutaan bintang yang ada dalam sebuah galaksi, yaitu galaksi bima sakti atau milkyway.

Ada beberapa teori yang telah dikemukakan oleh para ilmuwan mengenai cara terbentuknya tata surya.

#### Teori Pasang Surut

Tata surya berasal dari terlemparnya sebagian materi matahari akibat bertumbukan dengan sebuah komet dan bintang. Sebagian materi matahari tertarik oleh gaya gravitasi bumi yang akhirnya memadat menjadi planet dan satelit. Teori ini dikemukakan oleh Buffon, Birkerton, Chamberlain, dan Moulton.

#### Teori Bintang Kembar

Matahari merupakan bintang kembar. Bintang yang satu meledak dan menjadi kepingan-kepingan. Karena pengaruh gaya gravitasi bintang yang satunya, maka kepingan-kepingan ini bergerak mengitari bintang itu dan menjadi planet dan bintang yang tidak meledak menjadi matahari.

#### Hipotesis Nebular

Immanuel Kant dan Pierre Laplace (1796) mengatakan bahwa tata surya terbentuk dari kondensasi massa awan gas atau massa kabut gas yang sangat panas. Pada proses kondensasi tersebut, massa gas yang jauh dari pusat tertinggal tidak ikut tertarik ke arah pusat. Setelah mendingin pusat

massa menjadi matahari, sedangkan sejumlah massa yang tertinggal, mengelilingi pusat (matahari) sebagai planet-planet dan benda angkasa lainnya, seperti bumi dengan benda-benda lain yang mengelilingi planet tersebut yang berupa satelit atau bulan. Dapat dibayangkan bahwa berdasarkan teori ini, planet saturnus yang dikelilingi oleh cincin saturnus itulah yang merupakan bekal satelitnya. Salah satu keberatan dari hipotesis ini adalah ditemukannya dua buah bulan pada jupiter dan sebuah bulan di saturnus yang berputar berlawanan arah dengan rotasi planet-planet tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa satelit tersebut bukan merupakan bagian dari planetnya sesuai dengan hipotesis Laplace.

### **Hipotesis Planetesimal**

Di dalam kabut terdapat materi padat yang berhamburan yang disebut planetesimal. Benda-benda padat ini kemudian saling menarik dengan gaya tariknya masing-masing dan lambat laun terbentuk gumpalan besar yang disebut planet.

Hipotesis ini dikemukakan pertama kali oleh Chamberlin dan Moulton. Bertitik tolak dari pemikiran yang sama dengan teori Nebular, yaitu bahwa sistem tata surya ini terbentuk dari kabut gas yang sangat besar yang berkondensasi. Perbedaannya adalah terletak pada asumsi bahwa terbentuknya planet-planet itu tidak harus dari satu badan, tetapi diasumsikan ada bintang besar lain yang kebetulan sedang lewat di dekat bintang di mana tata surya kita merupakan bagiannya. Kabut gas dari bintang lain tersebut sebagian terpengaruh oleh daya tarik matahari kita dan setelah lebih dingin terbentuklah benda-benda yang disebut planetesimal. Planetesimal merupakan benda-benda kecil yang padat. Karena daya tarik-menarik antarbenda itu sendiri, benda-benda kecil tersebut akan menggumpal menjadi lebih besar dan panas. Hal ini disebabkan oleh tekanan akibat akumulasi dari massanya. Teori ini dapat menjawab pertanyaan mengapa ada satelit pada jupiter maupun pada saturnus yang mempunyai orbit berlawanan dengan rotasi planet-planet tersebut.

### **Hipotesis Tidal**

Teori ini diungkapkan pertama kali oleh James Jeans dan Harold Jupiter pada tahun 1919. Menurut teori ini planet merupakan percikan dari matahari, yaitu seperti percikan matahari. Tidal terjadi karena ada 2 buah matahari yang bergerak/melintas saling mendekat, tetapi tidak sampai bertubrukan. Akibat gaya tarik menariknya, ada bagian yang terlepas berupa percikan-percikan tersebut. Percikan-percikan inilah yang akhirnya menjadi planet dan benda. Percikan tersebut dinamakan "tidal". Tidal yang besar kemudian menjadi

planet disebabkan karena adanya dua buah matahari yang bergerak saling mendekat.

### **Teori Vorteks**

Nebula terdiri dari vorteks-vorteks (putaran-putaran) yang merupakan sifat gesekan gas yang dapat menyebabkan pola sel-sel bergolak (turbulen). Pada batas antar sel-sel turbulen, terjadi tumbukan antarpartikel yang kemudian membesar, dan menjadi planet. Teori ini dikemukakan oleh Von W.

### **Teori Protoplanet**

Planet terbentuk melalui turbulensi (golakan) nebula yang membantu tumbukan planetesimal sehingga membesar menjadi protoplanet dan menjadi planet. Teori ini dikemukakan oleh Karl Von Weizsacker & Gerard P. Kuiper.

### **Teori Turbulensi**

Alam semesta berisi eter dan materi yang dipenuhi dengan pusaran-pusaran yang mengakibatkan munculnya tata surya. Teori ini dikemukakan oleh Rene Descartes.

Para ilmuwan itu hanyalah sekedar menguji hipotesis. Setelah teruji, teori tersebut masih mungkin diperbaiki dengan teori yang lebih akurat. Namun demikian, teori-teori tersebut di atas masih diyakini orang sampai sekarang.

## **B. Hukum Peredaran Planet**

### **Hukum Kepler I**

Bahwa lintasan berbentuk elips dengan matahari sebagai salah satu titik fokusnya. Hukum ini menjelaskan bahwa jarak planet-planet ke matahari tidaklah tetap, melainkan berubah-ubah. Kedudukan terjauh dari matahari disebut aphelium dan kedudukan terdekat ke matahari disebut perihelium.

### **Hukum Kepler II**

Garis penghubung ke matahari menyapu luas daerah yang sama dalam selang waktu yang sama. Karena orbit planet berbentuk elips, maka konsekuensinya makin dekat jarak planet ke matahari, maka cepat pula gerak orbitnya. Dalam peredarannya mengelilingi matahari, planet memiliki jarak yang tidak tetap. Hal ini dipengaruhi oleh gravitasi matahari.

### **Hukum Kepler III**

Jarak rata-rata planet ke matahari pangkat tiga dibagi periode sideris kuadrat merupakan bilangan konstan.

RUMUS:  $T^2 = KR^3$

Dengan  $T$  = Periode

$R$  = Jarak rata-rata planet-matahari

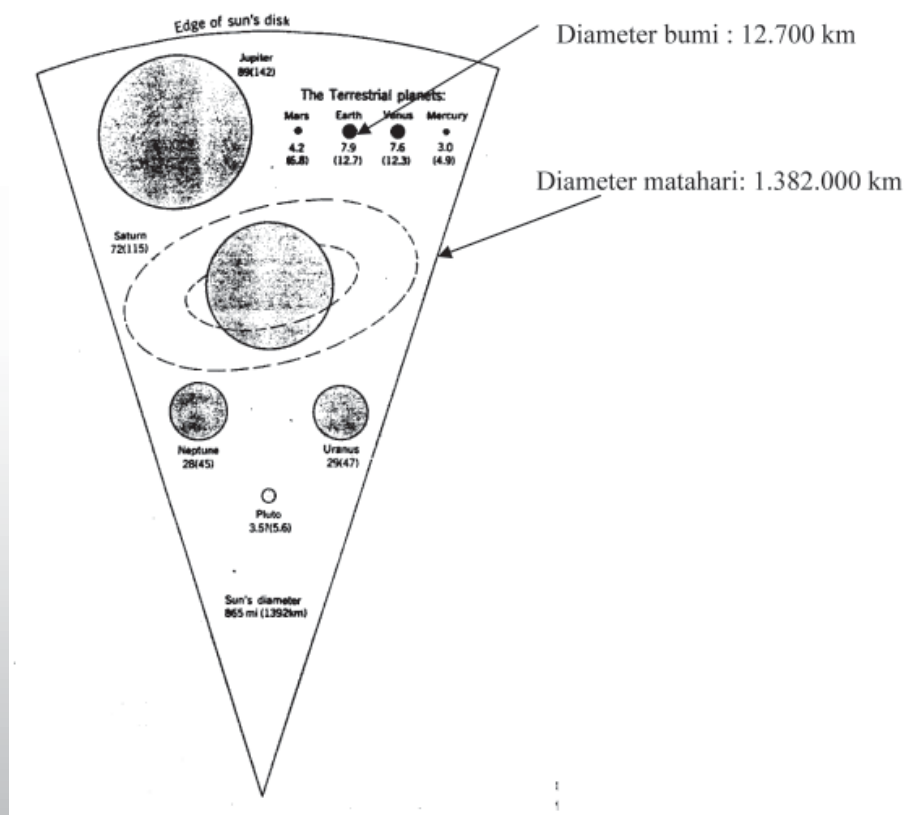
$K$  = suatu ketetapan yang nilainya sama untuk semua planet

Konsekuensinya, semakin jauh jarak planet maka lambat pula pergerakannya.

Matahari sebagai sumber cahaya mempunyai ukuran yang relatif besar dibandingkan dengan planet-planet yang mengitarinya. Untuk memberikan ilustrasi besarnya ukuran matahari dan benda angkasa di sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 27.1. Gambar tersebut menunjukkan perbandingan diameter antara matahari dengan planet-planet yang mengitarinya. Perhatikan betapa kecilnya bumi kita ini jika dibandingkan dengan planet uranus, neptunus, saturnus (yang bercincin) dan jupiter.

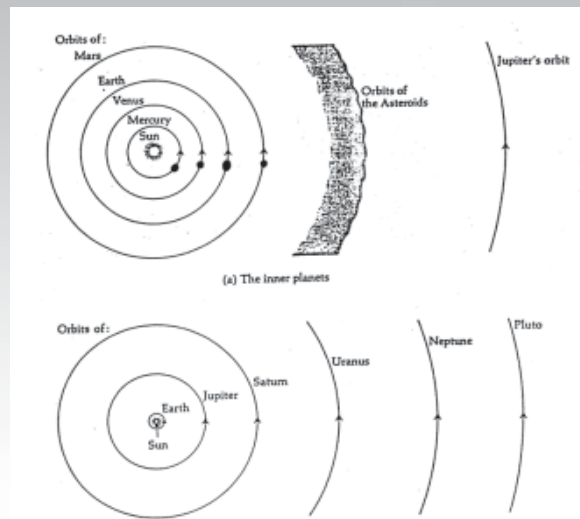
Diameter bumi : 12.700 km

Diameter matahari: 1.382.000 km



**Gambar 27. 1 Perbandingan ukuran diameter matahari dan planet-planetnya.(dari Strahler: 1971)**

Posisi planet-planet tersebut dalam tata surya dapat terlihat pada Gambar 27.2 berikut ini.



**Gambar 27.2 Susunan anggota tata surya dan matahari sebagai pusatnya**

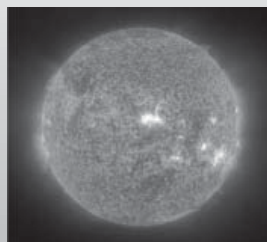
Sebelum kita mengenal masing-masing planet tersebut lebih mendalam, sebaiknya kita bicarakan terlebih dahulu tentang matahari sebagai pusat tatasurya kita.

## C. Matahari dan Planet-Planetnya

### Matahari

Matahari adalah suatu bola gas pijar dan ternyata ia tidak bulat betul. Ia mempunyai semacam ekuator dan kutub karena gerak rotasinya. Garis tengah ekuatorialnya: 864.000 mil, sedang garis tengah antarkutubnya 43 mil lebih pendek.

Jarak matahari ke bumi 93.000.000 mil. Jarak ini dipakai sebagai satuan astronomi. Satu satuan astronomi (*Astronomical Unit = AU = 93 juta mil = 14,8 juta km*) Dibandingkan dengan bumi, diameter matahari kira-kira 100 kali diameter bumi. (Gambar 27.1), sedangkan gaya gravitasi matahari kira-kira 30 kali gaya gravitasi bumi.



**Gambar 27.3 Matahari dengan Bola Pijarnya, Terlihat Lapisan-lapisannya**

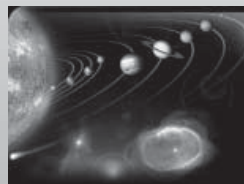
Bagaimana dengan temperatur di matahari? Menurut perhitungan para ahli, temperatur di permukaan matahari sekitar 6000°C. Jenis batuan atau logam apa pun yang kita kenal di bumi ini akan lebur pada temperatur setinggi itu. Temperatur tertinggi terletak di bagian tengahnya yang diperkirakan tidak kurang dari 25 juta °C. Pada daerah tertentu tampak ada bercak-bercak hitam. Daerah bercak hitam menunjukkan suhu yang lebih rendah dari sekitarnya. Dengan adanya bercak hitam itulah orang bisa menghitung kecepatan matahari mengadakan rotasi, yaitu 27 hari. Namun semakin dekat ke kutubnya ternyata semakin lambat, di dekat kutub kecepatan rotasi adalah 34 hari. Dari kenyataan ini para ahli menyimpulkan bahwa matahari bukan benda pejal, tetapi berupa bola gas pijar. Lapisan bola matahari bagian dalam disebut *photosfer*, tebalnya kira-kira 220 mil. Dari lapisan ini terdapat semburan api yang berasal dari suatu ledakan. Semburannya mencapai ketinggian 140.000 mil. Lapisan luar dari *photosfer* yang disebut *chromosfer*, berwarna kemerahan, dan berasal dari hidrogen pijar. Lapisan ini mempunyai lidah-lidah api yang menjilat ke luar. Tebal *chromosfer* adalah *korona*. *Korona* berupa sinar kemilauan yang tebalnya kadang-kadang melebihi garis tengah matahari itu sendiri. *Korona* nampak jelas waktu gerhana matahari.

Matahari ini sangat penting bagi kehidupan di bumi karena hal berikut.

1. Merupakan sumber sinar dan sumber panas (energi) utama bagi bumi. Minyak zaman dahulu diserap oleh tumbuhan atau binatang.
2. Matahari mengontrol stabilitas peredaran bumi berarti mengontrol terjadinya siang dan malam, bulan, tahun serta juga mengontrol peredaran planet lain.
3. Matahari adalah bintang yang terdekat, maka dengan mempelajari matahari kita secara tak langsung dapat memahami bintang-bintang lain.

Dari gambar 27.4 terlihat bahwa planet-planet anggota tata surya dapat dikelompokkan dalam dua bagian, yaitu!

1. planet dalam (*inner planets*) yang meliputi merkurius, venus, bumi, mars, dan matahari
2. planet luar (*outer planets*) yang meliputi yupiter, saturnus, uranus, dan neptunus. Planet dalam pada umumnya berukuran kecil, tetapi relatif padat, sedangkan planet luar berukuran besar walaupun mempunyai massa jenis yang kecil.



**Gambar 27.4 Gambaran Planet Dalam dan Planet Luar**



Berikut ini adalah gambaran atau deskripsi fisik dari planet-planet dan benda angkasa dari anggota tata surya.

### **Merkurius**

Merkurius adalah planet yang terdekat dengan matahari, terkecil dengan garis tengah 3000 mil (hanya sedikit lebih besar dari bulan yang bergaris tengah 2160 mil). Karena letaknya yang begitu dekat dengan matahari, maka bagian yang menghadap matahari panas sekali, yaitu antara 550 sampai 770 °F. Sebaliknya, pada bagian yang tak menghadap matahari menjadi dingin sekali (karena tidak ada air maupun udara). Dengan demikian, merkurius mempunyai temperatur yang tertinggi dan terendah bila dibandingkan dengan temperatur pada planet-planet yang lain. Diperkirakan tak ada kehidupan sama sekali di merkurius. Planet yang kini sulit dilihat dari bumi karena letaknya dekat sekali dengan matahari, namun pada cuaca yang baik dapat dilihat pada saat matahari terbenam.

Merkurius merupakan planet yang paling dekat dengan matahari sehingga bergerak paling cepat (periode revolusi paling kecil). Suhu di permukaannya mencapai 430°C, tetapi pada malam hari suhunya menjadi sangat dingin mencapai - 178°C.

Merkurius mempunyai garis tengah pada bagian equator  $\pm 4.880$  km, massa jenis  $5.210 \text{ kg-m}^{-3}$ . Jarak rata-rata dari matahari 57,9 juta km, (jarak terdekat 45,9 juta km dan jarak terjauh 69,7 juta km). Karena jaraknya yang sangat dekat dengan matahari, merkurius bergerak sangat cepat mengelilingi matahari, sehingga 1 tahun di planet merkurius hanya 88 hari di bumi. Merkurius berotasi selama 58,64 hari. Merkurius memiliki diameter 4879,4 km. Merkurius (Gambar 27.5) tidak mengandung atmosfer karena adanya pelepasan termal molekul gasnya dan efek erosive angin matahari. Merkurius tidak memiliki satelit.



**Gambar 27.5 Merkurius**

Merkurius mengadakan rotasi (berputar pada porosnya) dalam waktu 58,6 hari. Ini berarti panjang siang harinya 28 hari lebih, demikian juga malam harinya. Temperatur minimum pada malam hari adalah  $-400^{\circ}\text{F}$ . Merkurius beredar mengelilingi matahari dalam waktu 88 hari, tidak mempunyai bulan dan berat jenisnya 5,13 gram/cc.

### Venus

Venus sebagaimana pada Gambar 27.6 menempati urutan kedua terdekat dengan matahari. Planet ini terkenal dengan nama bintang kejora yang bersinar terang pada waktu sore atau pada waktu pagi hari. Besarnya hampir sama dengan bumi. Venus bergaris tengah 7700 mil, sedangkan bumi bergaris tengah 7900 mil (1 mil = 1,6 km).



Gambar 27.6 Venus

Venus memiliki atmosfer (udara) yang cukup tebal, ia memantulkan cahaya matahari yang datang padanya sebanyak 59%, sedangkan bumi memantulkan kembali cahaya matahari sebanyak 44%, dan merkurius hanya 7%.

Dalam hal ini atmosfer bertindak selaku lapisan pelindung permukaan planet dari sengatan cahaya matahari. Venus diselubungi penuh oleh awan sehingga sangat sulit mengamati permukaannya dan sangat sukar menentukan kecepatan rotasinya. Dengan susah payah para ahli telah dapat menetapkan rotasinya, yaitu 247 hari (dengan kesalahan kurang lebih 5 hari).

Venus beredar mengelilingi matahari (revolusi) selama 225 hari. Artinya, satu tahun venus adalah 225 hari. Bandingkan dengan revolusi bumi kita, yaitu selama  $365 \frac{1}{4}$  hari. Dengan analisis spektrum atas cahaya yang datang dari Venus, dapat diketahui bahwa di sana ada oksigen. Atas dasar analogi bahwa keberadaan gas oksigen yang tetap jumlahnya di udara disebabkan oleh tumbuhan yang mengadakan fotosintesis, maka dapat diperkirakan bahwa di venus ada kehidupan. Venus tidak memiliki bulan.

Pada tahun 1967 Soviet Rusia telah menancapkan kapsulnya di permukaan planet ini, sedang Amerika dengan Mariner 5-nya telah pula mengadakan peralatannya melewati planet tersebut. Berdasarkan data-data yang dikumpulkan oleh mereka ini ilmuwan berkesimpulan bahwa atmosfer venus terdiri dari karbondioksida sebanyak sekitar 85% sampai 98%, sedangkan sisanya adalah uap air. Oksigen yang sangat sedikit dan tidak ada nitrogen (dibandingkan dengan atmosfer bumi yang terdiri dari 80% nitrogen, 19.8% oksigen dan sisanya adalah gas lain termasuk karbondioksida yang sangat sedikit). Temperatur di venus berdasarkan data dari kapsul Soviet berkisar antara 280°C atau 536°F, sedangkan menurut Mariner milik Amerika sekitar 516°C atau 800°F.

Venus memiliki radius 6.052 km dan berevolusi dalam waktu 224,7 hari. Venus terdiri dari 97% karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan 3% nitrogen sehingga hampir tidak mungkin terdapat kehidupan venus memiliki diameter 12.100 km dan berotasi dalam waktu 243 hari. Sebaliknya, masa orbit venus hanya dalam waktu 225 hari. Venus memiliki massa jenis 5200 kg m<sup>3</sup> dan suhu dipermukaan 480 °C. Jarak rata-rata Venus dan Matahari adalah 108,2 juta km. Venus terlihat lebih terang dari planet lain karena memiliki atmosfer berupa awan tebal berwarna putih. Atmosfir inilah yang memantulkan cahaya matahari sehingga terlihat berkilau di bumi.

### Bumi

Usia bumi diperkirakan mencapai 4,6 milyar tahun. Bumi menempati urutan ke 3 terdekat dengan matahari, besarnya hampir sama dengan venus dan berdiameter 7900 mil atau 12640 km. Jarak antara bumi dan matahari adalah 149,6 juta km. Jarak ini dijadikan satuan jarak Astronomis atau *Astronomical Unit (AU)*.



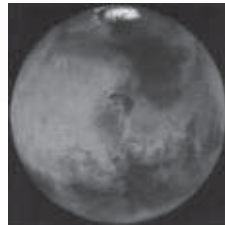
**Gambar 27.7 Bumi**

Bumi seperti pada gambar 27.7 berevolusi dalam waktu 365 hari dan berotasi selama 24 jam. Memiliki diameter 12.755 km. Satelit bumi adalah bulan yang bergerak mengelilingi bumi selama 29,5 hari. Suhu di bumi berkisar dari -70%

$^{\circ}\text{C}$  hingga  $55^{\circ}\text{C}$ . Bumi tersusun dari inti dalam bumi (besi, nikel beku), inti luar (mantel silika, kerak bumi). Bumi mempunyai lapisan udara (atmosfer) dan medan magnet (magnetosfer) yang melindungi permukaan bumi dari angin, matahari, sinar ultra ungu, dan radiasi di angkasa. Sebagian atmosfer bumi terdiri dari gas nitrogen (80%) dan gas oksigen (20%). Lapisan ozon melindungi bumi dan sinar ultra violet.

### Mars

Mars (Gambar 27.8) disebut juga planet merah, karena warnanya merah. Jarak antara mars dan matahari adalah 228 juta km. Suhu di bagian kutub -  $123^{\circ}\text{C}$  dan suhu di katulistiwa  $15^{\circ}\text{C}$ - $25^{\circ}\text{C}$ . Periode rotasi mars 24,9 jam dan periode revolusinya 1,9 tahun (686 hari). Mars mempunyai atmosfer udara yang mencapai  $1/100$  atm dan suhu permukaannya mencapai  $150$ - $300^{\circ}\text{K}$ . Gas utama di atmosfer mars adalah karbondioksida (92%).



**Gambar 27.8 Mars**

Ada dugaan keras bahwa di planet mars ada kehidupan. Dugaan ini bertolak pada kenyataan-kenyataan tersebut di bawah.

- A. Berdasarkan pengamatan melalui teropong dan foto, pada permukaan mars terdapat semacam kanal (saluran atau dam air) yang sangat panjang dan lurus sekali. Kanal ini menghubungkan bagian mars yang tertutup salju dengan bagian yang panas. Bila kanal ini buatan alam apakah mungkin seluas itu?
- B. Mars nampaknya diselubungi oleh atmosfer. Dugaan ini bertolak dari kenyataan bahwa permukaan mars dari waktu ke waktu selalu nampak adanya perubahan, baik perubahan dalam bentuk/gambar maupun warnanya. Fenomena ini mengarah kepada adanya tumbuhan pada permukaannya dan adanya awan yang menyelubungi seperti layaknya di bumi.
- C. Dari analisis spektra sinar yang datang dari mars, ternyata memang ada oksigen meskipun jumlahnya relatif sedikit sehingga tidak mungkin manusia bumi bernafas secara bebas di sana.

Hal lain yang menarik di planet ini adalah bahwa Mars mempunyai 2 buah bulan. Yang satu kecil dan dekat dengan planet hanya berjarak 3700 mil. Bandingkan dengan bulannya Bumi kita yang berjarak 240 ribu mil. Satelit kecil ini dinamai *Phobos* dan berdiameter 10 mil (16 km). Ia mengadakan revolusi mengelilingi Mars dalam waktu 7 jam 39 menit, dan yang aneh ia terbit dari barat terbenam di timur.

Satelit kedua dinamai *Deimos*. Ia terbit dari timur dan terbenam di barat setelah beberapa hari. Hal ini disebabkan karena revolusi satelit *Deimos* ini hanya beda sedikit lebih cepat daripada rotasi Mars. Adapun *Phobos* dalam satu hari Mars terbit dan terbenam sebanyak 3 kali.

### Jupiter

Jupiter (Gambar 27.9) merupakan planet terbesar dalam tata surya kita. Ia bergaris tengah 86.600 mil. Mengadakan rotasi yang cepat, yaitu 10 jam (bandingkan 24 jam untuk Bumi dan 247 hari untuk Venus). Jupiter nampak sebagai "bintang" yang terang muncul pada tengah malam. Karena rotasinya cepat itu, bagian ekuatornya menjadi sedikit mengembang dan membantuk sabuk yang jelas.



Gambar 27.9 Jupiter

Masa planet ini sangat besar, hampir tiga ratus kali massa Bumi. Demikian pula gravitasinya 2,6 kali gravitasi Bumi. Oleh karena itu, ia mempunyai atmosfer yang cukup tebal. Analisis spektroskopis menunjukkan bahwa udaranya mengandung amoniak dan gas metan dalam jumlah yang sangat banyak, serta mengandung gas hidrogen. Bercak kemerahan bergaris tengah 30.000 mil di bagian selatan (telah diketahui sejak tahun 1831) diperkirakan adalah suatu kawah yang masih hidup (karena warnanya berubah-ubah). Satelit-satelitnya berukuran besar. Dua di antaranya lebih besar daripada planet Merkurius. Tiga di antara 12 satelit itu beredar berlawanan arah dengan 9 lainnya.

Jarak rata-rata antara jupiter dan matahari adalah 778,3 juta km. Jupiter adalah planet terbesar dan terberat dengan diameter 14.980 km dan memiliki massa 318 kali massa bumi. Periode rotasi jupiter adalah 9,8 jam dan periode revolusi adalah 11,86 tahun. Suhunya berkisar dari  $-140^{\circ}\text{C}$  sampai  $21^{\circ}\text{C}$ . Komposisi utama Jupiter adalah hidrogen, helium, argon, karbon, oksigen, dan nitrogen berbentuk cair dan gas. Atmosfir jupiter mengandung amoniak dan metana. Jupiter memiliki 63 satelit di antaranya Io, Europa, Ganymede, Callisto.

### Saturnus

Planet terbesar kedua setelah jupiter adalah saturnus (Gambar 27.10). Planet ini berdiameter 74.000 mil. Seperti jupiter rotasinya begitu cepat, yaitu 10 jam. Persamaan yang lain adalah atmosfernya terdiri dari gas metan, amoniak, dan hidrogen.



Gambar 27.9 Saturnus

Temperatur pada permukaannya sangat rendah, yaitu  $243^{\circ}\text{F}$ . Ini berarti gas amoniaknya membeku. Berat jenisnya 0.7 dibandingkan dengan BJ air = 1 atau BJ bumi = 5.3. Hal yang paling menarik dari planet ini adalah adanya sabuk putih yang melilit ekuatornya dan jaraknya dari permukaan planet sejauh 7.000 mil sampai kurang lebih 37.000 mil. Sabuk ini berbentuk pipih setelah 10 mil. Sabuk ini berupa debu dan ternyata berputar mengelilingi planet dengan kecepatan yang berbeda; sabuk bagian dalam jauh lebih cepat daripada bagian luarnya.

Selain sabuk atau cincin raksasa tersebut, saturnus juga memiliki 10 buah satelit. Sebuah di antaranya yang terbesar diberi nama *Titan* yang besarnya dua kali bulan kita. Ada pula yang diberi nama *Phoebe* yang bergerak berlawanan arah dengan 9 planet lainnya, yang menunjukkan bahwa *Phoebe* bukan “anak kandung” saturnus.

Saturnus berevolusi dalam waktu 29,46 tahun dan berotasi dalam waktu 10 jam 14 menit. Jarak rata-rata saturnus dan matahari adalah 1.427 juta km. Setiap 378 hari, bumi, saturnus, dan matahari akan berada dalam satu garis

lurus. Saturnus memiliki diameter 120.660 km. Saturnus dikelilingi beribu-ribu cincin yang diperkirakan terbentuk dari bongkahan zat meteorit. Saturnus memiliki 18 satelit, antara lain mimas, enceladus, tethys, dione, dan titan yang merupakan satelit terbesar. Atmosfer saturnus tebal dan tersusun dari hidrogen dan helium dan mengandung amoniak dan metana.

### Uranus

Planet ini ditemukan secara tidak sengaja oleh Herschel dan keluarganya pada tahun 1781 ketika mereka sedang mengamati saturnus. Pada waktu itu orang mengenal adanya planet yang lebih jauh dari saturnus. Uranus (Gambar 27.11) ini besarnya tidak sampai separoh saturnus, namun bila dibandingkan dengan bumi, besar diameternya 4 kali lipat. Jaraknya ke matahari adalah 19,2 AU. Planet ini mengelilingi matahari dalam waktu 84 tahun. Rotasinya adalah 10 jam 47menit.



**Gambar 27.11 Uranus**

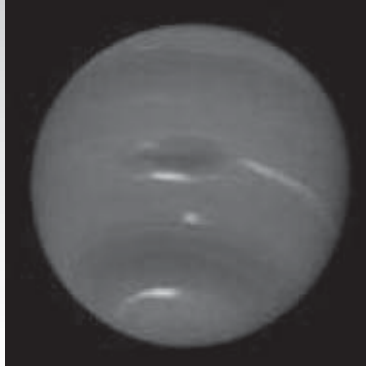
Uranus mempunyai 5 buah satelit.

Uranus berotasi dalam waktu 17,25 jam. Jarak rata-rata uranus ke matahari adalah 2.871 juta km. Suhu di permukaannya berkisar antara  $-233^{\circ}\text{C}$  hingga  $213^{\circ}\text{C}$ . Uranus terdiri dari gas (hidrogen, methana, helium). Uranus berotasi berlawanan dengan arah rotasi bumi. Uranus berotasi pada sisinya seperti sebuah gasing yang rebah. Akibatnya satu sisi planet terus menerus mengalami siang selama 42 tahun dan sisi lain mengalami malam selama 42 tahun secara terus menerus. Tidak seperti kebanyakan planet yang memiliki poros hampir tegak lurus dengan garis orbit planet, uranus memiliki poros yang sejajar dengan orbitnya. Akibatnya kutub uranus lebih panas daripada sisi lain. Uranus memilik 9 lapis cincin yang tipis. Uranus memiliki 18 satelit alami, antara lain Ariel, Umbriel, Titania, dan Oberon.

### Neptunus

Neptunus ditemukan karena astronom mengamati planet baru uranus yang orbitnya agak menyimpang dari perhitungan berdasarkan hukum Newton (gaya tarik menarik antara dua benda). Maka diperkirakan ada benda langit besar lain yang mempengaruhi orbit uranus. Setelah dicari, maka ditemukanlah planet terbesar ketiga, neptunus pada tahun 1846. Planet ini

mempunyai 2 buah satelit. Satu di antaranya bergerak berlawanan arah dengan perputaran planet itu sendiri. Jaraknya ke matahari 30,1 AU, diameternya 28.000 mil. Neptunus (Gambar 27.12) berputar mengelilingi matahari dalam 156 hari sekali putar.



**Gambar 27.12 Neptunus**

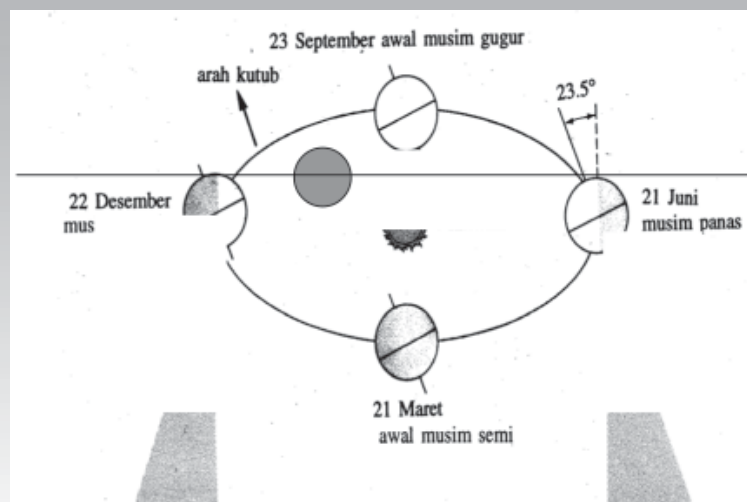
Neptunus berotasi dalam waktu 16,1 jam dan berevolusi dalam waktu 164,8 tahun. Jarak rata-rata Neptunus ke Matahari adalah 4.497 juta km, 3 lapis cincin, dan massanya 17,2 massa Bumi, dan diameter 49.530 km. Komposisi penyusunnya adalah besi dan unsur berat lain. Neptunus memiliki atmosfer yang tersusun dari hidrogen, helium, dan metana. Suhunya berkisar  $-213^{\circ}\text{C}$  (60 K). Neptunus mempunyai 8 satelit, antara lain, Triton, Nereid, Lanissa, dan Proteus.

#### **D. Rotasi dan revolusi Bumi**

Seperti kita ketahui matahari kita ini dikelilingi oleh planet-planet, antara lain adalah bumi kita ini. Planet-planet juga dikelilingi oleh benda lain, yaitu satelit. Satelit dari bumi yang merupakan satelit alam adalah bulan.

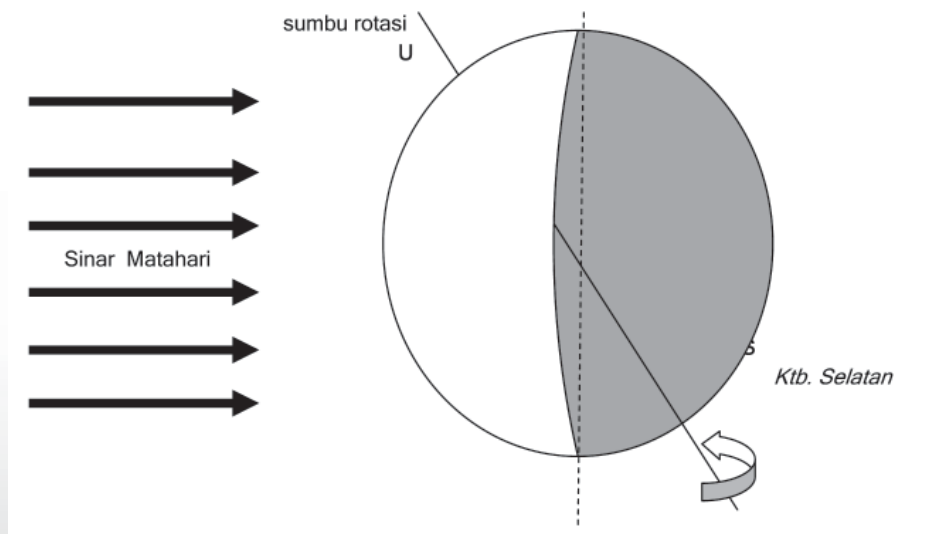
Setelah kita menyadari betapa luasnya alam semesta ini, marilah kita tinjau bumi kita yang berada dalam bagian matahari, yang pada galaksi hanya berupa sebuah titik saja. Bagaimanakah ilustrasi posisi bumi pada perjalanannya sepanjang tahun mengelilingi matahari (revolusi bumi) kita perhatikan gambar 27.13 berikut ini. Pada gambar tersebut dapat kita lihat bahwa posisi bumi pada saat mengelilingi matahari (revolusi) dalam keadaan miring sambil berputar pada porosnya (rotasi). Apa akibatnya dengan penampakan matahari bagi manusia yang ada di bumi? Jika kita perhatikan maka akan terlihat bahwa pada bulan-bulan tertentu posisi matahari seakan-akan bergeser tempatnya dari pandangan manusia yang ada di bumi(gerak semu matahari).





**Gambar 27.13 Bumi bergerak mengelilingi Matahari dengan lintasan berbentuk ellips, dan Matahari berada di titik fokusnya**

Pada gambar 27.14 ditunjukkan daerah gelap/malam saja dan daerah dengan suasana pagi saja



**Gambar 27.14 Kondisi Kutub Bumi pada bulan Juni**

Pada bulan-bulan tertentu kutub bumi akan gelap saja sepanjang tiga bulan, dan pada kutub satunya akan tampak seperti pagi saja dengan pergeseran matahari tanpa menunjukkan adanya kenaikan matahari hingga di atas kepala pengamat yang berada di bumi di dekat.

Pengaruh lain akibat pergeseran semu matahari ini adanya perubahan suhu di wilayah belahan bumi yang berbeda sehingga menyebabkan perubahan arah angin yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya pergantian musim.

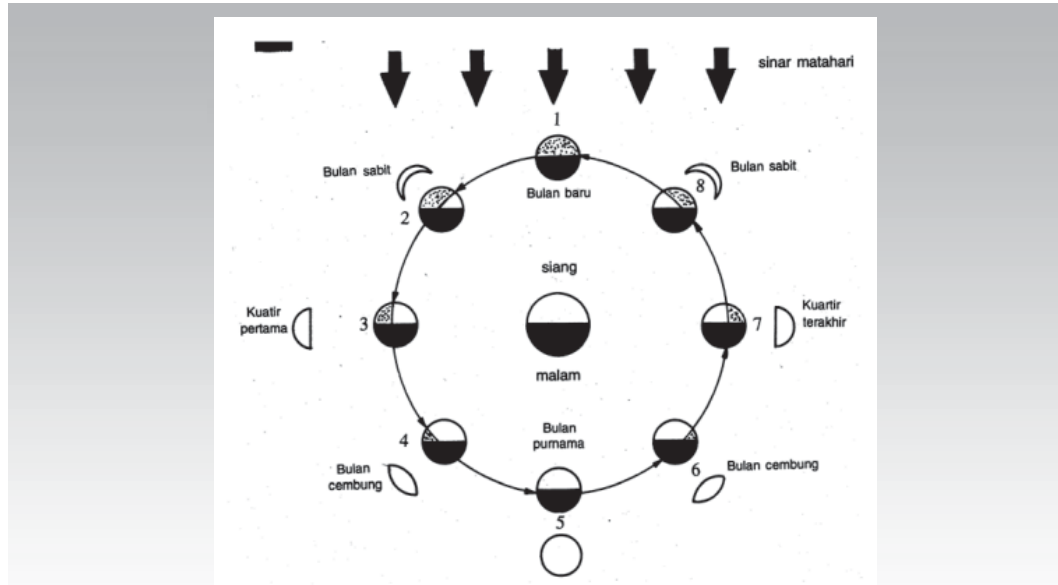
Akibat kemiringan bumi pada saat melakukan rotasi, maka pada bulan Juni kutub utara akan menerima cahaya matahari sepanjang waktu dalam sehari semalam, tetapi belahan kutub selatan akan mengalami malam yang berkepanjangan pada sekitar bulan Juni.

## E. Bulan

Bulan adalah satu-satunya satelit alam dari bumi. Dinamakan satelit karena bulan selalu bergerak mengelilingi bumi. Jaraknya dengan bumi adalah 240 ribu mil = 382 km. Bulan berdiameter 2160 mil atau 3456 km. Bulan selalu menunjukkan permukaan yang sama dilihat dari bumi. Ini berarti bahwa ia mengadakan rotasi maupun revolusi mengelilingi bumi dengan kecepatan yang tepat sama (waktu yang dibutuhkan untuk mengadakan rotasi sama dengan waktu yang dibutuhkan untuk mengadakan satu kali revolusi). Pada permukaan bulan terdapat gunung-gunung dan daratan rendah seperti di bumi. Namun, lubang kepundannya nampak besar-besar sampai ada yang bergaris tengah 8 km. Berat jenis bulan kira-kira separoh dari berat jenis bumi. Besarnya bulan hanya  $\frac{1}{82}$  bumi dan mempunyai gravitasi  $\frac{1}{6}$  dari permukaan bulan tetap abadi sebab tidak ada erosi. Tak adanya atmosfer ditunjukkan pula dengan kenyataan bahwa sinar bintang yang datang dari belakang bumi sama sekali tak dibiaskan.

Bulan bergerak mengelilingi bumi (revolusi) sambil berputar pada porosnya (rotasi). Bagian bulan yang nampak dari bumi selalu sama, hal ini menunjukkan bahwa waktu revolusi bulan sama dengan waktu rotasinya. Bidang edar bulan mengelilingi bumi tidak sebidang dengan bidang edar bumi mengelilingi matahari sehingga tidak setiap bulan terjadi gerhana matahari ataupun gerhana bulan.

Kita yang berada di bumi pada malam hari sering melihat bulan. Bentuk bulan dalam penampakan malam hari dapat berubah-ubah. Perubahan tersebut ternyata bergantung pada posisi bulan terhadap bumi dan matahari. Bentuk-bentuk bulan yang nampak dari bumi ada beberapa macam, yaitu bentuk sabit, cembung, paruh dan bentuk bulat penuh. Gambar 27.15 berikut ini menunjukkan tahapan dan posisi bulan terhadap bumi dan matahari.



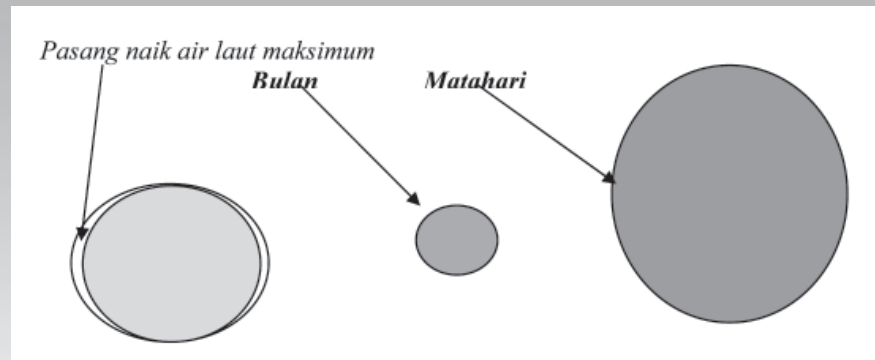
**Gambar 27.15. Ilustrasi Bentuk Bulan di Malam Hari**

Pada posisi 1, bulan baru atau bulan mati artinya bulan tidak nampak di malam hari, karena arah pantulan sinar Matahari tidak ada yang mengarah ke bumi. Pada posisi 2 bulan tampak seperti sabit sehingga kita menamakan bulan sabit, demikian seterusnya yang akhirnya pada posisi 5 bagian bulan yang menghadap bumi tampak penuh dan keseluruhannya memantulkan cahaya matahari ke bumi sehingga bulan tampak paling terang dan disebut dengan bulan purnama.

## F. Hukum Gravitasi Bumi

Jika kita memegang sesuatu kemudian terlepas maka benda yang kita pegang akan jatuh ke bumi. Buah mangga yang telah masak dan tangkainya telah tidak mampu lagi memegangnya tentu mangga tersebut akhirnya akan jatuh juga. Peristiwa seperti ini sudah menjadi sesuatu yang umum terjadi, dan inilah yang disebut dengan hukum alam yang berhubungan dengan hukum gravitasi bumi. Disebut hukum gravitasi Bumi karena yang melakukan tarikan dan peristiwanya ada di wilayah gravitasi bumi. Apakah setiap benda juga melakukan tarikan dengan benda lain? Jawabannya adalah ya, dan secara umum disebut hukum gravitasi. Jadi gravitasi adalah peristiwa tarik menarik antara dua benda atau lebih.

Matahari sebuah benda, bulan juga sebuah benda yang relatif dekat dengan bumi kita, maka menurut hukum gravitasi akan ada interaksi tarik menarik satu dengan yang lainnya. Bagaimanakah dampaknya dengan benda-benda yang ada di bumi, misalnya air laut yang jumlahnya sangat banyak.



**Gambar 27.16** Pasang naik maksimum pada saat bulan dan matahari pada kuadran yang sama terhadap bumi

Peristiwa ini yang membawa dampak adanya kenaikan air laut di bumi (*pasang naik*) disuatu tempat dan penurunan air laut (*pasang surut*) di lain tempat. Kenaikan air laut dapat maksimum jika posisi bulan dan matahari segaris dan pada kuadran yang sama.

Dampak dari gravitasi bumi terhadap semua materi yang ada di sekitarnya menjadikan semua materi terikat dengan bumi. Semua materi tidak diijinkan menjauhi bumi jika dan hanya jika menggunakan energi untuk menjauhinya. Misalnya sebuah batu akan tetap berada di bumi kecuali ada tenaga lain yang menggerakkan untuk menjauhinya, misalnya ada yang mengangkat (mengambilnya). Uap air yang bergerak ke atas pada saat terjadi penguapan karena panas matahari akan kembali turun/jatuh ke bumi jika uap air - uap air tersebut telah terkumpul saat terjadi kondensasi dan menjadi besar/berat. Peristiwa alam ini yang disebut sebagai siklus air di dunia. Jadi air-air yang ada di dunia ini sebenarnya kuantitasnya tetap, hanya berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain dengan bantuan angin, setelah mengalami penguapan dan kondensasi, yang kemudian jatuh sebagai hujan di daerah/ wilayah lain. Kualitas air dapat berubah ubah hal ini sangat ditentukan oleh perilaku manusia sebagai pengguna. Jika manusia selalu memperhatikan dan peka akan lingkungannya khususnya hutan, dan tidak membuang limbah cair di sebarang tempat maka kualitas air akan tetap terjaga. Bagaimana kualitas air sekarang yang ada di sekitar kita?

**Latihan**

1. Jelaskan teori terbentuknya tata surya menurut Hipotesis Planetesimal!
2. Bagaimana bunyi hukum kepler I?
3. Apa yang terjadi apabila bumi ini tidak disinari matahari? Jelaskan!
4. Uraikan bagaimana ciri-ciri dari planet saturnus dan Jupiter?
5. Bagaimana kedudukan antara matahari bumi dan bulan pada saat terjadi gerhana bulan dan gerhana matahari?

**Rangkuman**

1. Tata surya terdiri dari matahari sebagai pusat, planet, satelit, komet, dan benda-benda langit yang mengelilinginya. Terbentuknya tata surya menurut beberapa ilmuwan ada beberapa teori, yaitu Teori Pasang Surut, Teori Bintang Kembar, Hipotesis Nebular, Hipotesis Planetesimal, Hipotesis Tidal, Teori Vorteks, Teori Protoplanet dan Teori Turbulensi.
2. Hukum peredaran planet terdiri atas Hukum Kepler I, Hukum Kepler II, dan Hukum Kepler III.
3. Matahari adalah suatu bola gas pijar yang tidak bulat. Matahari dengan planet-planetnya merupakan suatu anggota tata surya. Planet tersebut meliputi merkurius, venus, bumi, mars, jupiter, saturnus, uranus, dan neptunus. Setiap planet tersebut mempunyai ciri-ciri fisis dan karakteristik yang berbeda-beda.
4. Rotasi dan revolusi bumi akan memberikan pengaruh pada bumi, antara lain pada bulan-bulan tertentu kutub bumi akan gelap dan terang bergantian. Pengaruh lain akibat pergeseran semu matahari ini adanya perubahan suhu di wilayah belahan Bumi yang berbeda.
5. Bulan adalah satu-satunya satelit alam dari bumi. Bulan bergerak mengelilingi bumi (revolusi) sambil berputar pada porosnya (rotasi).
6. Dampak dari gravitasi bumi terhadap semua materi yang ada di sekitarnya menjadikan semua materi terikat dengan bumi.

## Lembar PowerPoint 27.3



### SIFAT-SIFAT ZAT

### Pertanyaan

- Berapa banyak benda semacam matahari di alam semesta?
- Mungkinkah terdapat kehidupan di luar bumi?



2

### KOMPETENSI DASAR

- menerapkan konsep tata surya

3

### INDIKATOR

- menjelaskan teori-teori terbentuknya tata surya,
- menjelaskan tentang hukum peredaran planet,
- menjelaskan perbandingan diameter bumi dan matahari,
- menjelaskan manfaat penting matahari bagi kehidupan di bumi,
- mengelompokkan planet dalam tata surya termasuk dalam kelompok planet dalam dan planet luar,
- mengidentifikasi ciri-ciri fisik planet-planet,
- menganalisis penampakan bulan pada malam hari, dan
- memberikan contoh dampak adanya gravitasi bumi terhadap materi yang ada disekitar kita.

4

### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi Kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Kerja Kelompok
- Presentasi
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Refleksi

5

### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi Berkelompok
- Lakukan diskusi kelompok dengan panduan LK 27.1.A

6

## Presentasi

- Perwakilan kelompok menyampaikan hasil diskusinya
- Kelompok lain menanggapi

7

## Teori Terbentuknya Tata Surya

- Teori Pasang Surut
- Teori Bintang Kembar
- Hipotesis Nebular
- Hipotesis Planetesimal
- Hipotesis Tidal
- Teori Vorteks
- Teori Protoplanet
- Teori Turbulensi

8

## Hukum Kepler

### Hukum Kepler I

- Bahwa lintasan berbentuk elips dengan matahari sebagai salah satu titik fokusnya. Hukum ini menjelaskan bahwa jarak planet-planet ke matahari tidaklah tetap, melainkan berubah-ubah. Kedudukan terjauh dari matahari disebut aphelium dan kedudukan terdekat ke matahari disebut perihelium.

9

## Hukum Kepler

### Hukum Kepler II

- Garis penghubung ke matahari menyapu luas daerah yang sama dalam selang waktu yang sama. Karena orbit planet berbentuk elips, maka konsekuensinya makin dekat jarak planet ke matahari, maka cepat pula gerak orbitnya. Dalam peredarannya mengelilingi matahari, planet memiliki jarak yang tidak tetap. Hal ini dipengaruhi oleh gravitasi matahari.

10

## Hukum Kepler

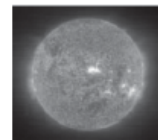
### Hukum Kepler III

- Jarak rata-rata planet ke matahari pangkat tiga dibagi periode sideris kuadrat merupakan bilangan konstan.

11

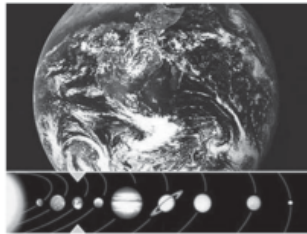
## Matahari

- Temperatur di permukaan matahari sekitar 6000°C
- Temperatur di bagian tengahnya diperkirakan tidak kurang dari 25 juta °C



12

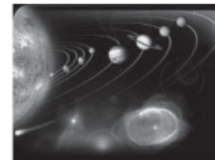
## Bumi



13

## Planet Matahari

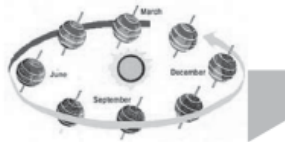
- Planet Luar
- Planet Dalam



14

## Gerak Bumi

- Rotasi pada porosnya
- Revolusi



15

## Kerja Kelompok

- Mahasiswa di bagi menjadi 6 kelompok
- Kelompok bekerja dengan panduan LK 27.1.B

16

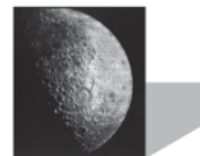
## Demonstrasi

- Beberapa kelompok mendemonstrasikan peraga yang dihasilkan
- Kelompok lain menanggapi

17

## Bulan

- Bulan adalah satu-satunya satelit alam dari bumi
- Berdiameter 2160 mil atau 3456 km



18



## Refleksi

- Perwakilan mahasiswa merefleksikan jalannya perkuliahan

19

## Tindak lanjut

- Kerjakan lembar penilaian 27.4 (PR)!
- Pelajari paket berikutnya!

20

## Lembar Penilaian 27.4



### Tes Tulis

1. Jelaskan teori terbentuknya tata surya menurut Hipotesis Planetesimal!
2. Bagaimana bunyi hukum kepler I?
3. Berapa diameter bumi dan diameter matahari? Bagaimana pendapat Saudara mengenai hal ini?
4. Jelaskan 3 manfaat penting matahari bagi kehidupan di bumi!
5. Kelompokkan mana planet-planet anggota tata surya yang termasuk planet dalam dan planet luar?
6. Jelaskan ciri-ciri planet Merkurius!
7. Mengapa pada malam hari bulan terlihat berubah-ubah bentuknya? Jelaskan!
8. Berikan beberapa contoh dampak adanya gravitasi bumi terhadap materi yang ada di sekitar kita!

## Daftar Pustaka

- Ahmadi, Abu, Suprpto. 1991. *Ilmu Alamiah Dasar*. Jakarta: Bina Cipta.
- Arthur, N, Strahler. 1971. *The Earth Science*. New York: Harper and Row Pub.
- Hendro, Darmodjo, Kaligis Yeni. 1985. *Buku Materi Pokok Ilmu Alamiah Dasar*. Jakarta: Karunika UT.
- Soetjipto. 2007. *Ilmu Pengetahuan Bumi Antariksa*. Surabaya: Unesa Press.
- Tjasyono, Bayong. 2006. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Remaja Rosda Karya.

## Paket 28

# STRUKTUR BUMI, BATUAN DAN MINERAL

## Pendahuluan



Setelah pada Paket 27 mahasiswa dan mahasiswi membangun konsep tentang Tata Surya, pada Paket 28 ini mahasiswa-mahasiswi akan melanjutkannya dengan memfokuskan pembahasan pada bumi dan struktur batuan dan mineral penyusunnya. Materi ini akan menjadi bekal penting dalam pembelajaran IPA di MI.

Dalam paket ini, perkuliahan dimulai dengan menampilkan gambar gambar tata surya, mahasiswa-mahasiswi diminta menyampaikan gagasannya tentang hal yang mereka ketahui tentang Bumi. Berikutnya, mahasiswa-mahasiswi diberikan kesempatan untuk membangun konsep dasar tentang struktur bumi melalui kerja berkelompok. Selanjutnya, kelompok-kelompok akan memamerkan hasil kerjanya dilanjutkan dengan pencermatan hal-hal yang penting dan ditegaskan. Setelah penguatan oleh dosen dengan memanfaatkan slide powerpoint yang tersedia dan memberikan kesempatan bertanya, dosen akan menguji pemahaman mahasiswa-mahasiswi dengan meminta mengerjakan lembar penilaian 28.4.

Mengingat materi perkuliahan pada Paket 28 ini cukup padat, sebaiknya mahasiswa disarankan untuk membaca uraian materi sebelum perkuliahan berlangsung.

## Rencana Pelaksanaan Perkuliahan



### Kompetensi Dasar

Mahasiswa-mahasiswi mampu memahami struktur bumi dan batuan serta mineral bumi

### Indikator

Pada akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa-mahasiswi dapat:

1. menjelaskan lapisan atmosfer bumi,
2. menjelaskan inti bumi, dan
3. menjelaskan kerak bumi.

### Waktu

2 x 50 Menit

### Materi Pokok

1. Susunan Lapisan Udara Bumi
2. Susunan Inti Bumi
3. Susunan Kerak Bumi, Batuan dan Mineral

### Perlengkapan Bahan Perkuliahan

1. Lembar Kegiatan Lk 28.1.A., LK 28.1. B
2. Lembar Uraian 28.2
3. Lembar *PowerPoint* 28.3
4. Lembar Penilaian 28.4
5. Alat dan bahan: LCD dan Komputer (disiapkan oleh dosen)

## Langkah-langkah Perkuliahan

Waktu	Langkah Perkuliahan	Metode	Bahan
1	2	3	4
	<b>Kegiatan Awal</b>		
2'	1. Mahasiswa mencermati demonstrasi gambar bumi diantara planet dalam tata surya yang disampaikan oleh dosen. Dosen mengajukan masalah:Jelaskan hal-hal yang anda ketahui tentang planet bumi.	Demonstrasi dan Tanya Jawab	Slide PowerPoint 28.3
3'	2. Dosen menyampaikan pentingnya perkuliahan yang akan dilaksanakan dan langkah-langkah perkuliahan.	Ceramah	
	<b>Kegiatan Inti</b>		
5'	1. Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 6 kelompok.	Ceramah dan Tanya Jawab	Slide PowerPoint 28.3
20'	2. Kelompok I dan II kerja kelompok dengan dipandu LK 28.1.A.	Kerja Kelompok Peta Konsep	LK 28.1.A
	3. Kelompok III dan IV kerja kelompok dengan di pandu LK 28.1.B.	Kerja Kelompok Peta Konsep	LK 28.1.B
	4. Kelompok III dan IV kerja kelompok dengan di pandu LK 28.1.B.	Kerja Kelompok Peta Konsep	LK 28.1.C
10'	5. Kelompok saling melihat satu dengan yang lain melalui kegiatan pameran.	Pameran	
20	6. Kelompok mengajukan permasalahan tentang peta konsep yang diamati.	Tanya jawab	
15'	7. Dosen memberikan penguatan tentang struktur bumi, batuan dan mineral.	Ceramah dan Tanya Jawab	Slide PowerPoint 28.3
10	8. Dosen meminta mahasiswa-mahasiswi mengerjakan Lembar penilaian 28.4.	Penilaian	Lembar Penilaian 28.4

1	2	3	4
2'	<b>Kegiatan Penutup</b> 1. Dosen memberi kesempatan kepada mahasiswa-mahasiswi untuk melakukan refleksi mengenai perkuliahan tentang struktur bumi, batuan, dan mineral lingkungan.	Presentasi	<i>Slide PowerPoint</i> 28.3
3'	<b>Kegiatan Tindak Lanjut</b> 1. Dosen memberikan tugas rumah latihan dan dikumpulkan pada pertemuan yang akan datang.	Penugasan	

## Lembar Kegiatan 28.1.A



### DISKUSI KELOMPOK

#### Pengantar

Bumi dilingkupi dengan lapisan-lapisan atmosfer. Masing-masing lapisan memiliki manfaat bagi bumi. Apa sajakah manfaat dari lapisan atmosfer bumi?

#### Tujuan

Mengembangkan peta konsep tentang lapisan atmosfer bumi

#### Bahan/Alat

1. Kertas plano
2. Uraian materi 28.2
3. Spidol
4. Gambar-gambar batuan bumi

#### Langkah Kegiatan

1. Diskusikanlah tentang lapisan atmosfer bumi!
2. Gunakan uraian materi 28.2 sebagai salah satu bahan bacaan dalam diskusi!
3. Kembangkan peta konsep dengan topik susunan atmosfer Bumi!
4. Tuliskan peta konsep yang telah anda susun di kertas plano secara kreatif. Berikan ilustrasi yang memadai!
5. Siapkan kelompok anda untuk mempresentasikan peta konsep yang dihasilkan!



## Lembar Kegiatan 28.1.B



# DISKUSI KELOMPOK

### Pengantar

Bumi kita terdiri dari berbagai lapisan diantaranya inti bumi. Bagaimanakah karakteristik inti bumi. Melalui kegiatan ini diharapkan mahasiswa-mahasiswi akan memahami struktur inti bumi.

### Tujuan

Mengembangkan peta konsep tentang struktur inti bumi

### Bahan/Alat

1. Kertas plano
2. Uraian materi 28.2
3. Spidol
4. Gambar-gambar batuan bumi

### Langkah Kegiatan

1. Diskusikanlah tentang struktur inti bumi!
2. Gunakan uraian materi 28.2 sebagai salah satu bahan bacaan dalam diskusi!
3. Kembangkan peta konsep dengan topik struktur inti Bumi!
4. Tuliskan peta konsep yang telah anda susun di kertas plano secara kreatif. Berikan ilustrasi yang memadai!
5. Siapkan kelompok anda untuk mempresentasikan peta konsep yang dihasilkan!

## Lembar Kegiatan 28.1.C



# DISKUSI KELOMPOK

### Pengantar

Bumi kita kaya dengan berbagai mineral dan batuan. Dengan memahami berbagai batuan dan mineral ini kita akan mampu memanfaatkannya dalam kehidupan sehari-hari.

### Tujuan

Mengembangkan peta konsep tentang struktur batuan dan mineral bumi

### Bahan/Alat

1. Kertas plano
2. Uraian materi 28.2
3. Spidol
4. Gambar-gambar batuan bumi

### Langkah Kegiatan

1. Diskusikanlah tentang struktur batuan dan mineral penyusun bumi!
2. Gunakan uraian materi 28.2 sebagai salah satu bahan bacaan dalam diskusi!
3. Kembangkan peta konsep dengan topik batuan dan mineral penyusun Bumi!
4. Tuliskan peta konsep yang telah anda susun di kertas plano secara kreatif. Berikan ilustrasi yang memadai!
5. Siapkan kelompok anda untuk mempresentasikan peta konsep yang dihasilkan!

## Uraian Materi 28.2



# STRUKTUR BUMI, BATUAN, DAN MINERAL

### A. Lapisan Atmosfer Bumi

Bumi sebagaimana pada Gambar 28.1, merupakan planet ketiga dari delapan planet yang ada di tata surya. Secara garis besar Bumi terdiri dari lapisan udara, kerak bumi yang terdiri dari batu-batuan, dan bagian inti yang disebut barysfer. Bumi mempunyai medan magnet dan yang lapisan udara berfungsi melindungi permukaan bumi. Sinar dari ultra violet, dan radiasi dari angkasa lepas. Lapisan udara ini menyelimuti bumi hingga ketinggian 700 kilometer dan yang selebihnya dianggap angkasa lepas. Lapisan-lapisan yang menyelimuti bumi dikenal dengan atmosfer sebagaimana Gambar 28.2.

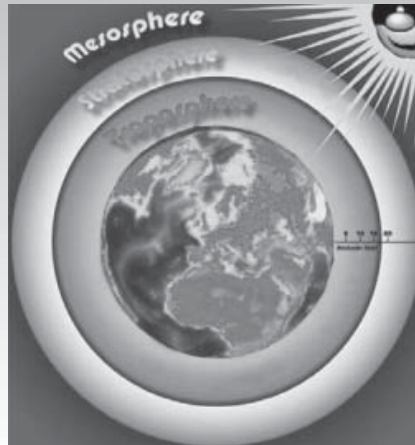


Gambar 28.1 Bumi

**Troposfer** (*Troposphere*) merupakan lapisan atmosfera yang tertipis dan hampir sama dengan permukaan bumi. Troposfer bermula dari permukaan bumi sehingga lapisan tropopause (antara ketinggian 10 - 16 kilometer). Dalam lapisan *tropopause*, suhu berkurang dengan pertambahan ketinggian altitud, dari sekitar  $17^{\circ}\text{C}$  hingga  $-52^{\circ}\text{C}$ . Kebanyakan sistem cuaca berlaku di bawah lapisan troposfer ini..

**Stratosfer** (*stratosphere*) meliputi kawasan bermula dari lapisan troposfer (antara ketinggian 10 - 16 kilometer) sehingga lapisan mesosfer (lebih kurang 50 kilometer). Suhu stratosfer meningkat disebabkan adanya lapisan ozon pada ketinggian 25 kilometer. Molekul ozon menyerap sinar ultra violet (uv)

dari matahari menyebabkan suhu meningkat pada aras tersebut (maksimum ~270 Kelvin), dan pada masa yang sama melindungi bumi dari sinaran uv.



**Gambar 28.2** Lapisan Atmosfer Bumi

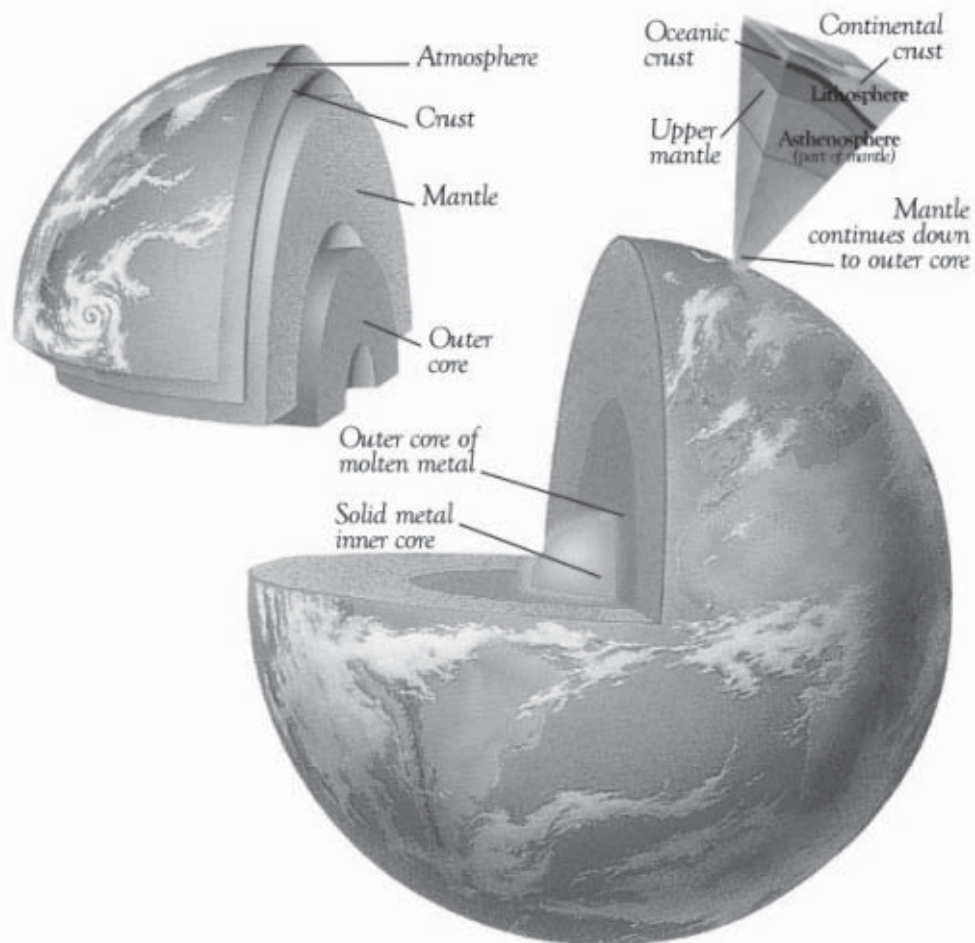
**Mesosfer** (*Mesosphere*) merupakan lapisan udara ketiga, di mana suhu atmosfer akan berkurang sehingga ke lapisan keempat termosfer. Udara yang terdapat di sini akan mengakibatkan pergeseran dengan objek yang datang dari angkasa dan menghasilkan suhu yang tinggi. Kebanyakan meteor yang sampai ke bumi biasanya terbakar di lapisan ini. Mesosfer terletak di antara 50 km dan 80-85 km dari permukaan bumi.

Lapisan **Termosfer** terletak di atas mesosfer dan di bawah eksosfer. Lapisan ini hanya mempunyai sedikit udara. Di lapisan ini sinar uv akan menyebabkan pengionan (lihat *ionosfera*).

Lapisan termosfer terletak 80 km di atas permukaan bumi sampai dengan 500-1000 km di mana lapisan teratas atmosfer. Suhu di sini amat tinggi akibat sinar matahari.

**Eksosfer** (*Exosphere*) adalah lapisan teratas atmosfera bumi. Lapisan ini terletak 500-1000 km hingga kira-kira 10.000 km dari permukaan bumi. Boleh dikatakan hampir tiada udara atau gas di lapisan ini.

## B. Inti Bumi



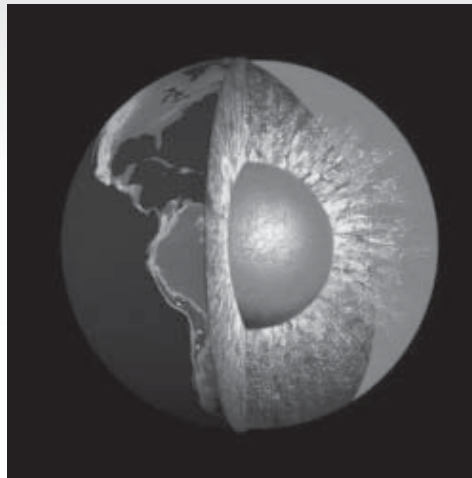
**Gambar 28.3 Lapisan Bumi**

Bumi terdiri atas lapisan-lapisan sebagaimana Gambar 28.3. Lithosporadis, lapisan yang paling dekat dengan nife, berat jenisnya 8, lapisan yang ditengah disebut Ferrosporadis, yaitu berat jenisnya 6. lapisan yang paling luar disebut Peridotit dengan berat jenis 4. Berat jenis rata-rata lapisan pengantar ini 5. Susunan pengantar mempunyai susunan seperti batu meteorit. Setelah lapisan pengantar terdapat lapisan kerak bumi atau kulit bumi. Pertemuan antara lapisan pengantar dengan kulit bumi ini merupakan hubungan yang diskontinuits, artinya hubungannya tidak selaras atau tidak rata.

Inti bumi disebut *barysfer*, yang artinya sebagai bulatan atau bola yang berat. Bumi mempunyai bagian yang berat dan bagian yang ringan. Material yang berat turun ke dalam bumi, sedangkan yang ringan tetap di atas permukaan. Struktur inti bumi terdiri dari unsur nikel, besi atau ferrum, sehingga inti bumi

sering disebut *Nife*. Nife ini terdiri dua bagian, bagian nife luar dan bagian nife dalam. Nife dalam bersifat padat, sedangkan nife bagian luar berbentuk cair dan dapat meneruskan getaran-getaran. Lapisan nife ini dikatakan bersifat latent-magmatist.

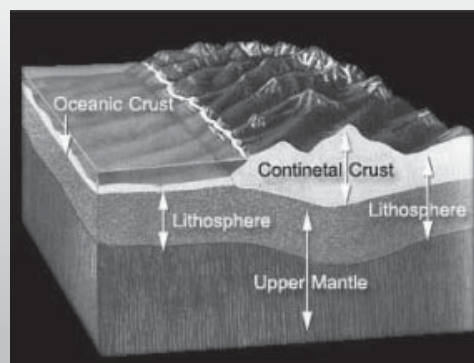
Inti bumi (Gambar 28.4) terdiri dari nife mempunyai jari-jari 3.470 km dengan berat jenis 10, sedangkan nife luar berjari-jari 1350 km. Di sekitar nife terdapat lapisan pengantar. Lapisan pengantar ini disebut juga sebagai mantel bumi atau selubung bumi yang mempunyai ketebalan 1700 km. Terdiri tiga lapisan, yaitu. Lithosporadis, ferrosporadis, peridotit.



**Gambar 28.4 Inti Bumi**

### C. Kerak Bumi

Litosfer (Gambar 28.5) merupakan lapisan kulit bumi atau lapisan kerak bumi yang terdiri dari batuan-batuan dan terletak paling luar dan berhubungan langsung dengan air, seperti batuan yang terdapat di dasar laut. Kerak bumi mempunyai ketebalan 1.200 km dan terdiri dari bermacam-macam unsur dan senyawa. Yang paling banyak adalah senyawa silikan dan magnesium. Unsur-unsur penting yang lain misalnya besi atau aluminium.



**Gambar 28.5 Lapisan Kerak Bumi**

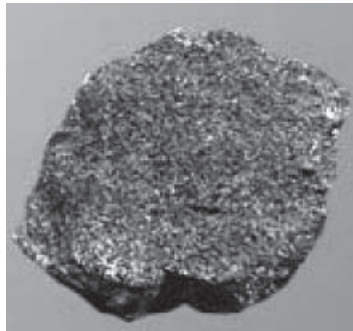
Dua lapisan yang ada dalam kerak bumi adalah lapisan sima dan lapisan sial.

1. Lapisan sima atau lapisan silikon magnesium yang letaknya sebelah bawah berhubungan dengan lapisan pengantar.
2. Lapisan sial atau lapisan silikon aluminium letaknya di atas lapisan sima. Hal ini disebabkan lapisan sial lebih ringan.

Kerak bumi terdiri tiga lapisan batuan, yaitu batuan beku yang berasal dari pembekuan magma, batuan endapan yang berasal dari pengendapan batuan, dan batuan malihan yang berasal dari proses perubahan batuan.

### **Batuan Beku**

Batuan beku berasal dari magma cair (nife) yang kemudian membeku di dalam perut bumi. Menurut tempatnya batuan beku dibagi menjadi tiga bagian, yaitu batuan beku dalam, batuan beku korok, dan batuan beku luar. Gambar 28.6 merupakan salah satu contoh batuan beku.



**Gambar 28.6 Contoh Batuan Beku**

### **Batuan Beku Dalam**

Batuan beku dalam atau batuan beku abisal atau batuan beku plutonis terjadi karena pembekuan yang berlangsung lambat sehingga batuan ini membentuk kristal sempurna. Jenis batuan ini terbentuk di dalam kerak bumi kurang lebih 3-4 km di bawah permukaan bumi, karena batuan ini disebut batuan plutonis atau abisal. Bentuk kristalnya holokristalin atau berhablur penuh. Karena pembekuannya secara perlahan-lahan, ukuran kristalnya besar-besar. Jenis batuan ini ada yang bersifat asam, basa, dan netral. Misalnya batuan yang bersifat asam adalah granit, berwarna putih, kelabu, merah muda, dan kekuning-kuningan.

### **Batuan Beku Korok**

Batuan beku ini bisa disebut batuan beku gang. Batuan beku ini banyak terdapat di dalam korok-korok atau gang-gang yang banyak terdapat di dalam perut bumi. Pendinginan batuan ini berlangsung lebih cepat dibandingkan

dengan pembekuan yang dialami oleh batuan beku dalam, sehingga menghasilkan kristal yang agak kasar. Batuan ini disebut batuan hypoabisik dan mempunyai dua macam bentuk kristal, yaitu kristal dengan struktur holokristalin dan kristal dengan struktur porfir atau amorf. Batuan yang berstruktur holokristalin terdapat di dekat dapur magma, sedangkan batuan yang terstruktur amorf terdapat lebih dekat ke permukaan bumi. Misalnya batuan granit-porifis dan diorit porfirit.

### **Batuan Beku Luar (Batuan Leleran)**

Batuan beku luar adalah batuan beku yang berasal dari magma yang keluar permukaan bumi (lava). Proses pembekuan batuan ini berlangsung dengan cepat sehingga menghasilkan kristal yang halus yang tidak mempunyai bentuk (amorf). Karena pembekuannya berlangsung secara bertahap-tahap sehingga membentuk kristal yang berlapis-lapis. Contohnya batuan leleran yang bersifat asam adalah rhyolit dengan komposisi yang sama dengan granit. Batuan basalt adalah contoh batuan leleran yang bersifat basa dengan komposisi yang sama dengan gabbro. Sedangkan andesit adalah batuan yang bersifat netral dengan komposisi yang sama dengan diorit.

Batuan granit, rhyolit, diorit dan andesit termasuk ke dalam batuan felsic karena batuan ini banyak mengandung feldspar dan silikat, sedangkan gabbro, basalt termasuk kedalam batuan mafic, karena banyak mengandung magnesium dan besi.

### **Batuan Endapan (Sedimen)**

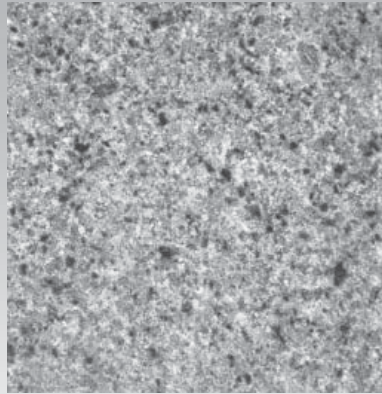
Batuan endapan (Gambar 28.7) adalah batuan yang berasal dari hasil perombakan batuan lain. Perombakan ini dipengaruhi oleh gaya-gaya dari luar bumi seperti angin, air, atau kimia (pelapukan). Gaya-gaya ini akan merubah ukuran batuan menjadi lebih kecil dan bahkan menjadi halus. Berdasarkan cara terbentuknya batuan endapan digolongkan dalam tiga macam, yaitu sedimen mekanik, sedimen kimia, dan sedimen organik.

#### **Sedimen Mekanik**

Batuan sedimen mekanik adalah batuan yang merupakan hasil pengendapan oleh air dan angin, yang terdiri dari fraksi-fraksi bantuan yang lebih kecil. Oleh air, angin, yang terdiri dari fraksi-fraksi bantuan yang lebih kecil.

Setelah mengendap, batuan-batuan ini merekat satu sama lain dengan menggunakan perekat alam. Perekat alam itu terdiri dari asam silikat. Kalsium karbonat. Dan oksida besi. Hasil pengendapan ini disebut batuan klasika. Misalnya batu pasir, tanah liat, breksi dan konglomerat.





**Gambar 28.7 Contoh Batuan Endapan**

### **Sedimen Kimia**

Sedimen kimia terbentuknya atas kejenuhan suatu larutan, misalnya larutan yang mengandung  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  dan  $\text{NaCl}$ , yang pertama kali mengendap adalah  $\text{CaSO}_4$  (gypsum atau anhidrit), kemudian  $\text{CaSO}_3$  (batu gamping) dan  $\text{NaCl}$  (garam dapur). Jika larutan mengandung garam-garam magnesium, garam-garam ini akan mengendap paling akhir.

### **Sedimen Organik**

Sedimen organik dibentuk berdasarkan proses biokimia dan biomekanik. Misalnya proses pengendapan biokimia terjadi pada sumber air yang mengandung lumut. Lumut akan mengambil  $\text{CO}_2$  dari air sehingga akan terjadi  $\text{CaCO}_3$  melalui reaksi berikut.



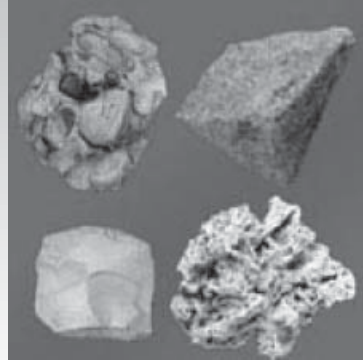
Pengendapan biomekanik terjadi di rawa-rawa yang banyak terdapat tumbuhan atau hewan yang mengandung rangka kapur. Jika tumbuhan atau hewan itu mati akan tertimbun dan menjadi batuan yang mengandung kapur dalam waktu ribuan tahun.

### **Malihan**

Jenis batuan ini merupakan batuan yang telah mengalami proses pemalihan atau perubahan yang disebabkan oleh adanya suhu yang tinggi atau tekanan yang besar. Misalnya, batuan ini adalah batu marmer yang berasal dari batu gamping, batu saba, yang berasal dari serpih, grafit berasal dari karbon, antrasit berasal dari batubara muda dan intan yang berasal dari karbon.

Untuk membedakan jenis batuan-batuan tersebut di atas para ahli menentukan dengan cara melihat dari tempat batuan tersebut diperoleh dan

berdasarkan hasil penentuan sifat-sifat yang dimiliki oleh setiap batuan. Di antaranya sifat fisika dan sifat kimia serta bentuk kristal batuan. Gambar 28.8 merupakan contoh beberapa batuan malihan.



**Gambar 28.8 Contoh Batuan Endapan**

Batuan yang memiliki kandungan asam silikat banyak dikelompokkan ke dalam batuan asam. Batuan ini mengandung kwarsa yang warnanya putih atau tidak berwarna, misalnya granit.

Selain itu, ada juga batuan yang bersifat basa atau batuan basa. Batuan ini banyak mengandung magnesium dan besi atau mineral-mineral lain. Karena banyak mengandung mineral-mineral, batuan basa berwarna gelap atau hitam. Batuan basa biasanya disebut diabas, sedangkan batuan yang bersifat di antaranya asam dan basa disebut diorit.

Batuan luar yang bersifat asam disebut liparit, sedangkan yang bersifat asam dan basa disebut andesit dan yang bersifat basa disebut basal.

## Latihan

1. Sebutkan penyusun struktur udara bumi!
2. Jelaskan penyusun inti bumi!
3. Kerak bumi terdiri dari batuan dan mineral, coba sebutkan!

## Rangkuman

1. Bumi terdiri dari unsur udara, inti bumi, dan kerak bumi.
2. Unsur udara terdiri dari troposfera, stratosfera, mesosfera, termosfera, eksosfera.
3. Inti bumi terdiri dari lithosporadis, ferrosporadis, dan peridotit.
4. Kerak bumi terdiri dari batuan beku, batuan sedimen (endapan), dan batuan malihan.
5. Rotasi bumi adalah berputarnya bumi pada porosnya.
6. Revolusi bumi adalah berputarnya bumi mengelilingi matahari.

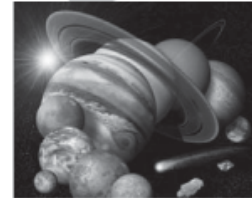
## Lembar PowerPoint 28.3



### Struktur Bumi Batuan dan Mineral

#### Pertanyaan

- Apakah yang anda ketahui tentang bumi?



#### KOMPETENSI DASAR

- memahami struktur bumi dan batuan serta mineral bumi

3

#### INDIKATOR

- menjelaskan lapisan atmosfer bumi,
- menjelaskan inti bumi, dan
- menjelaskan kerak bumi.

4

#### Langkah Perkuliahan

- Pengantar
- Diskusi Kelompok
- Pameran
- Tanya Jawab
- Penguatan
- Tanya Jawab
- Penilaian
- Refleksi

5

#### Diskusi Kelompok

- Mahasiswa-mahasiswi dibagi menjadi 6 kelompok.
- Kelompok 1 dan 2 bekerja dengan panduan LK 28.1.A,
- Kelompok 3 dan 4 bekerja dengan panduan LK 28.1.B,
- Kelompok 5 dan 6 bekerja dengan panduan LK 28.1.C,

6

### Pameran

- Tiap kelompok menyiapkan pembicara
- Peta konsep hasil diskusi di pamerkan
- Anggota kelompok mencermati pameran

7

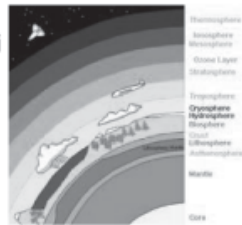
### Tanya Jawab

- Silakan mengajukan komentar tentang peta konsep!
- Kelompok yang dikomentari memberikan penjelasan.

8

### Lapisan Bumi

- Atmosfer Bumi
- Kerak Bumi
- Inti Bumi



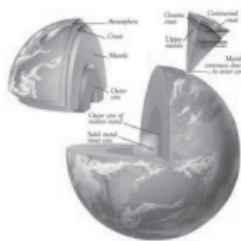
### Atmosfer

- Lapisan di luar bumi
- Troposfer
- Stratosfer
- Mesosfer
- Termosfer
- Eksosfer



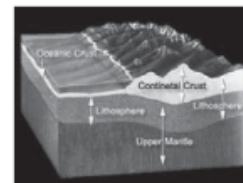
### Bumi

- Inti
- Kerak Bumi



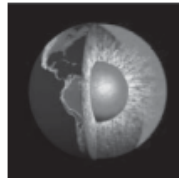
### Kerak Bumi

- terletak paling luar dan berhubungan langsung dengan air



### Inti Bumi

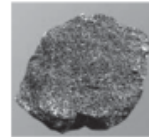
- sebagai bulatan atau bola yang berat



13

### Batuan Beku

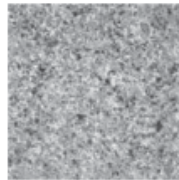
- Berasal dari magma yang membeku



14

### Batuan Endapan

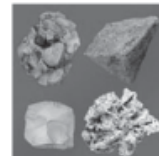
- batuan yang berasal dari hasil perombakan batuan lain



15

### Batuan Malihan

- batuan yang telah mengalami proses pemalihan atau perubahan yang disebabkan oleh adanya suhu yang tinggi atau tekanan



16

### Tanya Jawab

- Silakan mengajukan pertanyaan tentang hal-hal yang belum jelas.

17

### Penilaian

- Kerjakan soal-soal yang terdapat pada lembar penilaian 28.4

18

## Lembar Penilaian 28.4



### A. Tes Tertulis

1. Jelaskan penyusun atmosfer bumi!
2. Sebutkan manfaat lapisan-lapisan atmosfer bumi!
3. Jelaskan penyusun unsur inti bumi dan macamnya!
4. Jelaskan unsur penyusun kerak bumi!
5. Apakah perbedaan antara batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan?

### B. Penilaian Unjuk Kerja

Buatlah peta konsep mengenai bumi dan pengaruhnya yang terdiri dari pengertian, klasifikasi, karakteristik, dan macamnya serta akibatnya!

## Daftar Pustaka

- Kamajaya, K. 2003. *Físika: untuk SMU kelas II semester 1*. Bandung: Grafindo Media Pratama
- Kanginan, Marten. 1989. *Físika*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Kertiasa, Nyoman. 1996. *Físika 1: untuk Sekolah Umum Kelas 1*. Yakarta: Depdikbud
- Resnick, Halliday. 1999. *Físika: jilid 2 (edisi ketiga)*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Satira, Suparno. 1995. *Físika*. Bandung: Departemen IPTEK ICMI
- Tim Bahan Perkuliahan. 2007. *Físika Dasar*. Bandung: UPI bandung
- Tim penulis. 1992. *Físika SMA*. Solo: Kendang Sari
- Tim Penulis. 2002. *Konsep Dasar IPA*. Jakarta: Depag.
- <http://images.google.co.id/images?gbv=2&hl=id&q=bumi> diakses tanggal 9 Mei 2008
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Bumi> diakses tanggal 9 Mei 2008





ISBN : 978-602-8542-06-7

