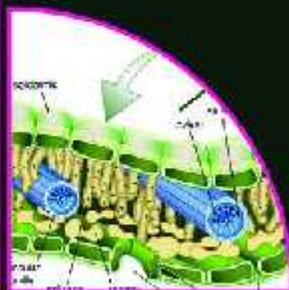


Susilawati  
Nurhasanah Bachtiar



# BIOLOGI DASAR TERINTEGRASI

**Susilawati  
Nurhasanah Bakhtiar**

# **Biologi Dasar Terintegrasi**



**Kreasi Edukasi**

# **Katalog Dalam Terbitan (KDT)**

## **Biologi Dasar Terintegrasi**

**Penulis** : Susilawati, M.Pd.  
Dr. Hj. Nurhasanah Bakhtiar, M. Ag

**Layout** : Rismansyah

**Design Cover** : Kreasi Team

**ISBN** : 978-602-6879-99-8

v, 197 hal (145x205mm)

Cetakan Tahun 2018

**Penerbit :**

**Kreasi Edukasi**

**Publishing and Consulting Company**

Jl. Swadaya Kom. Rindu Serumpun 4 Blok B-06

Kel. Delima Kec. Tampan - Pekanbaru

Mobile Phone : +6285216905750

### **Undang – undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta**

#### **Lingkup Hak Cipta**

##### **Pasal 2**

1. Hak Cipta merupakan Hak Eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku

#### **Lingkup Hak Cipta**

##### **Pasal 72**

1. Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud pasal 2 ayat 1 atau pasal 49 ayat 1 dan 2 dipidana penjara masing-masing paling singkat 1 bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,- atau pidana penjara paling lama 7 tahun dan/atau paling banyak Rp. 5.000.000.000,-
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat 1, dipidana dengan penjara paling lam 5 tahun dan atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,-

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan mengucap puji dan syukur yang tak terhingga ke hadirat Ilahi Rabbi, Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, taufiq, hidayah serta inayah-Nya, sehingga penulisan buku ini dapat dirampungkan.

Penulisan buku “Biologi Dasar Terintegrasi” merupakan buku dasar terutama di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Uin SUSKA Riau. Kehadiran buku ini penting karena menjadi bahan referensi utama bagi mahasiswa Jurusan Tadris Ilmu Pengetahuan Alam (Tadris IPA). Buku ini juga dapat menjadi referensi dan bahan bacaan bagi pembaca yang berkeinginan melihat dan memahami pengetahuan biologi yang terintegrasi dengan Islam, karena kajian-kajian bersifat integrasi masih terbatas ditemukan.

Penghargaan dan ucapan terimakasih yang tidak terhingga penulis ucapkan kepada Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sulthan Syarif Kasim Riau, Dr. H. Muhammad Syaifuddin, S. Ag, M. Ag beserta jajarannya, para dosen dan segenap civitas akademika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan kepercayaan dan fasilitas serta sumbangsih pemikiran sehingga buku ini akhirnya dapat diterbitkan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan buku ini jauh dari kesempurnaan. Untuk itu masukan yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga buku ini memberi manfa’at bagi kita semua Aamiin...

Pekanbaru, Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

**Kata Pengantar** \_ iii

**Daftar Isi** \_ iv

**BAB I Biologi Sebagai Ilmu** \_ 1

**BAB II Sel Sebagai Satuan Struktural dan Fungsional  
Mahluk Hidup** \_ 7

- A. Pengertian dan Karakteristik Sel \_ 7
- B. Sejarah Sel \_ 8
- C. Struktur dan Fungsi Bagian-bagian Sel \_ 11
- D. Pembagian Sel \_ 29
- E. Aktivitas pada Membran Sel \_ 30

**BAB III Komposisi Kimiawi Makhluk Hidup** \_ 33

- A. Karbohidrat \_ 34
- B. Protein \_ 37
- C. Lemak \_ 38
- D. Asam Nukleat \_ 39
- E. Garam mineral \_ 41
- F. Air \_ 41
- G. Kajian Komposisi Kimiawi dalam  
Al-Qur'an dan Hadis \_ 42

**BAB IV Struktur dan Fungsi Tubuh Makhluk Hidup** \_ 47

- A. Jaringan pada Tumbuhan \_ 48
- B. Jaringan pada Hewan \_ 53
- C. Organ, Sistem Organ dan Fungsinya \_ 66

**BAB V Prinsip Dasar Fisiologi** \_ 71

- A. Metabolisme \_ 72
- B. Anabolisme \_ 75
- C. Katabolime \_ 79

**BAB VI Keanekaragaman Makhluk Hidup \_ 86**

- A. Keanekaragaman Hayati \_ 86
- B. Klasifikasi makhluk hidup \_ 92
- C. Allah menciptakan Makhluk Hidup Beraneka ragam \_ 101

**BAB VII Reproduksi Makhluk Hidup \_ 104**

- A. Kromosom dan Gen \_ 104
- B. Pembelahan Sel \_ 105
- C. Reproduksi pada Tumbuhan \_ 111
- D. Reproduksi pada Invertebrata \_ 125
- E. Reproduksi pada Vertebrata \_ 127
- F. Reproduksi Tumbuhan dalam Al-Qur'an dan Hadis \_ 128

**BAB VIII Prinsip-Prinsip Genetika \_ 141**

- A. Materi Genetis \_ 141
- B. Hukum Mendel \_ 146
- C. Golongan Darah \_ 149
- D. Sintesis Protein \_ 151
- E. Prinsip Pewarisan Sifat dalam Islam \_ 158

**BAB IX Prinsip Dasar Ekologi \_ 164**

- A. Pengertian Ekologi \_ 164
- B. Aplikasi Ekologi \_ 166
- C. Komponen Pembentuk Ekosistem \_ 168
- D. Ketergantungan pada Ekosistem \_ 170
- E. Tipe-tipe Ekosistem \_ 171
- F. Siklus Biogeokimia \_ 177
- G. Suksesi Ekologi \_ 185
- H. Ekosistem dalam Al-Qur'an \_ 187

**Daftar Pustaka \_ 195**



# **BAB I**

## **BIOLOGI SEBAGAI ILMU**

Biologi adalah ilmu alam yang berisikan tentang kehidupan dan organisme hidup, termasuk struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, persebaran, dan taksonominya. Ilmu biologi modern sangat luas dan eklektik, serta terdiri dari berbagai macam cabang dan subdisiplin. Namun, meskipun lingkungannya luas, terdapat beberapa konsep umum yang mengatur semua penelitian, sehingga menyatukannya dalam satu bidang. Biologi umumnya mengakui sel sebagai satuan dasar kehidupan, gen sebagai satuan dasar pewarisan, dan evolusi sebagai mekanisme yang mendorong terciptanya spesies baru. Selain itu, organisme diyakini bertahan dengan mengonsumsi dan mengubah energi serta dengan meregulasi keadaan dalamnya agar tetap stabil dan vital.

Subdisiplin biologi didefinisikan berdasarkan skala organisme yang dipelajari, jenis organisme yang dipelajari, dan metode yang digunakan untuk mempelajarinya: biokimia mempelajari kimia kehidupan; biologi molekuler terkait dengan interaksi antar molekul biologis; botani mempelajari biologi tumbuhan; biologi seluler meneliti satuan dasar semua kehidupan, yaitu sel; fisiologi mempelajari fungsi fisik dan kimia jaringan, organ, dan sistem organ suatu organisme; biologi evolusioner meneliti proses yang menghasilkan keanekaragaman hayati; dan ekologi mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungannya.

Aristoteles, salah satu tokoh yang paling berjasa dalam mengembangkan ilmu biologi. Walaupun biologi modern merupakan perkembangan yang relatif baru, ilmu yang

terkait sudah dipelajari dari masa lampau. Filsafat alam dapat ditemui di peradaban Mesopotamia, Mesir, India, dan Cina. Namun, asal usul dan pendekatan biologi modern berasal dari masa Yunani Kuno. Walaupun penelitian kedokteran dapat ditilik ke masa Hippocrates (ca. 460 SM – ca. 370 SM), Aristoteles (384 SM – 322 SM) adalah tokoh yang paling berjasa dalam mengembangkan biologi. Salah satu karya terpentingnya adalah *Historia Animalium* dan beberapa karya lain yang menunjukkan cara pandang seorang peneliti alam, serta karya-karya empirisnya yang mencoba mempelajari sebab-akibat biologis dan keanekaragaman hayati. Penerus Aristoteles di Lyceum, yaitu Theophrastus, menulis buku-buku tentang botani yang berpengaruh hingga ke Abad Pertengahan.

Ilmuwan Islam abad pertengahan yang mempelajari biologi meliputi al-Jahiz (781–869), Ad-Dinawari (828–896), yang menulis tentang botani, dan ar-Razi (865–925), yang menulis tentang anatomi dan fisiologi. Kedokteran dipelajari berdasarkan tradisi filsuf Yunani, sementara ilmu alam sangat dipengaruhi oleh pemikiran Aristoteles, terutama perihal hierarki kehidupan.

Biologi mulai berkembang pesat setelah Antony van Leeuwenhoek memperbaiki mikroskopnya. Berkatnya, spermatozoa, bakteri, infusoria, dan berbagai macam kehidupan mikroskopik lain berhasil ditemukan. Penyelidikan yang dilakukan oleh Jan Swammerdam membangkitkan ketertarikan terhadap bidang entomologi dan membantu mengembangkan teknik pembedahan dan pewarnaan (*staining*) mikroskopik. Kemajuan mikroskop juga sangat memengaruhi pemikiran tentang biologi. Pada awal abad ke-19, sejumlah ahli biologi mulai menyadari pentingnya konsep sel. Kemudian, pada tahun 1838, Schleiden dan Schwann mulai menganjurkan gagasan (yang kini diterima secara luas) bahwa (1) satuan dasar

organisme adalah sel dan (2) masing-masing sel memiliki karakteristik kehidupan, walaupun mereka menentang gagasan bahwa (3) semua sel berasal dari pembagian sel lain. Akan tetapi, berkat karya Robert Remak dan Rudolf Virchow, pada tahun 1860-an sebagian besar ahli biologi menerima ketiga hal tersebut yang kini disebut teori sel.

Sementara itu, taksonomi dan klasifikasi menjadi pusat perhatian sejarawan alam. Carl Linnaeus menerbitkan taksonomi dasar pada tahun 1735 (berbagai macam variasi telah digunakan semenjak itu), dan pada tahun 1750-an memperkenalkan nama ilmiah untuk spesies. Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, menganggap spesies sebagai kategori buatan dan menyatakan bahwa kehidupan dapat berubah, bahkan mengusulkan kemungkinan adanya nenek moyang bersama. Walaupun menentang teori evolusi, Buffon merupakan tokoh penting dalam sejarah pemikiran evolusi; karyanya memengaruhi teori evolusi Lamarck dan Darwin.

Pada masa kini, biologi mencakup bidang akademik yang sangat luas, bersentuhan dengan bidang-bidang sains yang lain, dan sering kali dipandang sebagai ilmu yang mandiri. Berikut adalah cabang-cabang utama biologi:

Aerobiologi – mempelajari partikel organik di udara

Agrikultur – mempelajari proses produksi hasil panen, dan lebih menekankan pada penerapannya

Anatomi – mempelajari bentuk dan fungsi tumbuhan, hewan, dan organisme lain (terutama manusia)

Arachnologi – mempelajari arachnida

Astrobiologi – mempelajari evolusi, distribusi, dan masa depan kehidupan di alam semesta—juga disebut eksobiologi, eksopaleontologi, dan bioastronomi

Biofisika – mempelajari proses biologis dalam kerangka fisika, dengan menerapkan teori dan metode yang secara tradisional digunakan dalam ilmu fisika

Biogeografi – mempelajari persebaran spesies dalam konteks keruangan dan waktu

Bioinformatika – penggunaan teknologi informasi untuk meneliti, mengumpulkan, dan menyimpan data genomik atau data biologis lainnya

Biokimia – mempelajari reaksi kimia yang diperlukan kehidupan agar tetap berfungsi, biasanya pada tingkatan seluler

Biologi bangunan – meneliti lingkungan hidup di dalam ruangan

Biologi evolusioner – mempelajari asal usul dan nenek moyang spesies

Biologi integratif – mempelajari semua organisme

Biologi kelautan (atau oseanografi biologis) – mempelajari ekosistem, tumbuhan, hewan, dan kehidupan samudra lainnya

Biologi konservasi – mempelajari pelestarian, perlindungan, dan pemulihan lingkungan alam, ekosistem alam, vegetasi, dan margasatwa

Biologi lingkungan – mempelajari dunia alam secara keseluruhan atau dalam wilayah tertentu, terutama dampak manusia terhadapnya

Biologi molekuler – mempelajari biologi dan fungsi biologi dalam tingkatan molekuler, bertumpang tindih dengan biokimia

Biologi populasi – mempelajari sekelompok organisme, termasuk

Ekologi populasi – mempelajari dinamika dan kepunahan populasi

Genetika populasi – mempelajari perubahan frekuensi gen dalam populasi suatu organisme

Biologi perkembangan – mempelajari proses pembentukan organisme dari zigot

Biologi sel – meneliti sel sebagai satuan yang utuh, dan interaksi molekuler dan kimia yang terjadi di dalam sel

Biologi struktural – cabang biologi molekuler, biokimia, dan biofisika yang terkait dengan struktur molekuler makromolekul biologis

Biologi sintesis – mengintegrasikan biologi dengan teknik; membuat fungsi biologis yang tidak ada di alam

Biomatematika (atau biologi matematis) – penelitian proses biologis secara kuantitatif atau matematis, dan lebih menekankan pada permodelan

Biomekanika – penelitian mekanika kehidupan yang lebih menekankan pada penerapan melalui prostetik atau ortotik.

Bidang ini sering dianggap sebagai cabang kedokteran

Biomusikologi – mempelajari musik dari sudut pandang biologis

Bioteknologi – cabang biologi yang baru dan kadang-kadang kontroversial yang mempelajari manipulasi materi hidup, termasuk modifikasi genetik dan biologi sintetik

Botani – mempelajari tumbuhan

Ekologi – mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungannya

Embriologi – mempelajari perkembangan embrio (dari pembuahan hingga kelahiran)

Entomologi – mempelajari serangga

Epidemiologi – komponen penting dalam penelitian kesehatan, mempelajari faktor yang memengaruhi kesehatan suatu populasi

Epigenetik – mempelajari perubahan ekspresi gen atau fenotip seluler yang diakibatkan oleh mekanisme selain perubahan rangkaian ADN

Etologi – mempelajari perilaku hewan

Farmakologi – mempelajari persiapan, penggunaan, dan pengaruh obat-obatan  
Fisiologi – mempelajari cara kerja organisme hidup serta organ-organnya  
Fitopatologi – mempelajari penyakit pada tumbuhan (juga disebut patologi tumbuhan)  
Genetika – mempelajari gen dan pewarisan  
Hematologi – mempelajari darah dan organ pembentuk darah  
Herpetologi – mempelajari reptil dan amfibi  
Histologi – mempelajari sel dan jaringan, cabang mikroskopik anatomi  
Iktiologi – mempelajari ikan  
Kriobiologi – mempelajari pengaruh suhu yang rendah terhadap kehidupan  
Limnologi – mempelajari perairan di daratan  
Mamalogi – mempelajari mamalia  
Mikrologi – meneliti organisme mikroskopik (mikroorganisme) dan interaksinya dengan kehidupan lainnya  
Mikologi – mempelajari fungi  
Neurobiologi – mempelajari sistem saraf, termasuk anatomi, fisiologi, dan pataloginya  
Onkologi – mempelajari proses kanker  
Ornitologi – mempelajari burung

## BAB II

### SEL SEBAGAI SATUAN STRUKTURAL DAN FUNGSIONAL MAKHLUK HIDUP

#### A. Pengertian dan Karakteristik Sel

*Sel* berasal dari kata “*cella*” yang berarti ruangan berukuran kecil. Maka sel merupakan unit (kesatuan zahra) terkecil organisasi yang menjadi dasar kehidupan dalam arti *biologi*. Dengan kata lain dalam biologi, sel adalah kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. Sel disebut sebagai unit terkecil karena tidak dapat dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil yang berdiri sendiri. Semua fungsi kehidupan diatur dan berlangsung di dalam sel, karena itulah *sel* dapat berfungsi secara autonomy asalkan kebutuhan hidupnya terpenuhi. Sehingga pengertian lain menyebutkan bahwa sel adalah unit struktural dan fungsional pengusun tubuh makhluk hidup. Sel mampu melakukan semua aktivitas kehidupan dan sebagian besar reaksi kimia untuk mempertahankan kehidupan yang berlangsung di dalam sel.

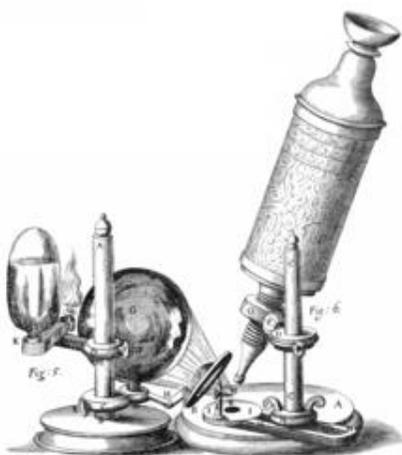
Secara struktural, tubuh makhluk hidup tersusun atas sel-sel sehingga sel disebut satuan struktural makhluk hidup. Secara fungsional, tubuh makhluk hidup dapat menyelenggarakan kehidupan jika sel-sel penyusun itu berfungsi. Karena itu sel juga disebut satuan fungsional makhluk hidup. Sel mengandung materi genetik, yaitu materi penentu sifat-sifat makhluk hidup. Dengan adanya materi genetik, sifat makhluk hidup dapat diwariskan kepada keturunan. Sehingga, sel dapat diartikan sebagai satuan struktural, fungsional dan hereditas terkecil tubuh

mahluk hidup.Sementara itu, sel sendiri tersusun atas komponen-komponen yang disebut organel.

Sel terkecil yang dikenal manusia ialah bakteri *mycoplasma* dengan diameter 0,0001 sampai 0,001 mm, sedangkan salah satu sel tunggal yang bisa dilihat dengan mata telanjang ialah telur ayam yang belum dibuahi. Akan tetapi, sebagian besar sel berdiameter antara 1 sampai 100  $\mu\text{m}$  (0,001–0,1 mm) sehingga hanya bisa dilihat dengan mikroskop.

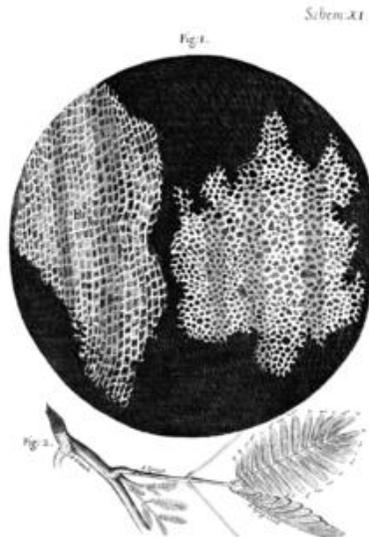
## B. Sejarah Sel

Mikroskop majemuk dengan dua lensa telah ditemukan pada akhir abad ke-16 dan selanjutnya dikembangkan di Belanda, Italia, dan Inggris.Hingga pertengahan abad ke-17 mikroskop sudah memiliki kemampuan perbesaran citra sampai 30 kali.Ilmuwan Inggris Robert Hooke kemudian merancang mikroskop majemuk yang memiliki sumber cahaya sendiri sehingga lebih mudah digunakan.



Gambar. Mikroskop rancangan Robert Hooke menggunakan sumber cahaya lampu minyak

Penemuan dan kajian awal tentang sel memperoleh kemajuan sejalan dengan penemuan dan penyempurnaan mikroskop pada abad ke-17. Robert Hooke pertama kali mendeskripsikan dan menamai sel pada tahun 1665 ketika ia mengamati suatu irisan gabus (kulit batang pohon ek) dengan mikroskop yang memiliki perbesaran 30 kali. Ia mengamati irisan-irisan tipis gabus melalui mikroskop dan menjabarkan struktur mikroskopik gabus sebagai "berpori-pori seperti sarang lebah tetapi pori-porinya tidak beraturan" dalam makalah yang diterbitkan pada tahun 1665. Hooke menyebut pori-pori itu *cells* karena mirip dengan sel (bilik kecil) di dalam biara atau penjara. Yang sebenarnya dilihat oleh Hooke adalah dinding sel kosong yang melingkupi sel-sel mati pada gabus yang berasal dari kulit pohon ek. Ia juga mengamati bahwa di dalam tumbuhan hijau terdapat sel yang berisi cairan.



Gambar. Struktur Gabus yang Dilihat Robert Hooke melalui Mikroskopnya

Pada masa yang sama di Belanda, Antony van Leeuwenhoek, seorang pedagang kain, menciptakan mikroskopnya sendiri yang berlensa satu dan menggunakannya untuk mengamati berbagai hal. Ia berhasil melihat sel darah merah, spermatozoid, khamir bersel tunggal, protozoa, dan bahkan bakteri. Pada tahun 1673 ia mulai mengirimkan surat yang memerinci kegiatannya kepada Royal Society, perkumpulan ilmiah Inggris, yang lalu menerbitkannya. Pada salah satu suratnya, Leeuwenhoek menggambarkan sesuatu yang bergerak-gerak di dalam air liur yang diamatinya di bawah mikroskop. Ia menyebutnya *diertjen* atau *dierken* (bahasa Belanda: 'hewan kecil', diterjemahkan sebagai *animalcule* dalam bahasa Inggris oleh Royal Society), yang diyakini sebagai bakteri oleh ilmuwan modern.

Pada tahun 1675–1679, ilmuwan Italia Marcello Malpighi menjabarkan unit penyusun tumbuhan yang ia sebut *utricle* ('kantong kecil'). Menurut pengamatannya, setiap rongga tersebut berisi cairan dan dikelilingi oleh dinding yang kokoh. Nehemiah Grew dari Inggris juga menjabarkan sel tumbuhan dalam tulisannya yang diterbitkan pada tahun 1682, dan ia berhasil mengamati banyak struktur hijau kecil di dalam sel-sel daun tumbuhan, yaitu kloroplas.

Beberapa ilmuwan pada abad ke-18 dan awal abad ke-19 telah berspekulasi atau mengamati bahwa tumbuhan dan hewan tersusun atas sel, namun hal tersebut masih diperdebatkan pada saat itu. Pada tahun 1838, ahli botani Jerman Matthias Jakob Schleiden menyatakan bahwa semua tumbuhan terdiri atas sel dan bahwa semua aspek fungsi tubuh tumbuhan pada dasarnya merupakan manifestasi aktivitas sel. Ia juga menyatakan pentingnya nukleus (yang ditemukan Robert Brown pada tahun 1831) dalam fungsi

dan pembentukan sel, namun ia salah mengira bahwa sel terbentuk dari nukleus.

Pada tahun 1839, Theodor Schwann, yang setelah berdiskusi dengan Schleiden menyadari bahwa ia pernah mengamati nukleus sel hewan sebagaimana Schleiden mengamatinya pada tumbuhan, menyatakan bahwa semua bagian tubuh hewan juga tersusun atas sel. Menurutnya, prinsip universal pembentukan berbagai bagian tubuh semua organisme adalah pembentukan sel.

Yang kemudian memerinci teori sel sebagaimana yang dikenal dalam bentuk modern ialah Rudolf Virchow, seorang ilmuwan Jerman lainnya. Pada mulanya ia sependapat dengan Schleiden mengenai pembentukan sel. Namun, pengamatan mikroskopis atas berbagai proses patologis membuatnya menyimpulkan hal yang sama dengan yang telah disimpulkan oleh Robert Remak dari pengamatannya terhadap sel darah merah dan embrio, yaitu bahwa sel berasal dari sel lain melalui pembelahan sel. Pada tahun 1855, Virchow menerbitkan makalahnya yang memuat motonya yang terkenal, *omnis cellula e cellula* (semua sel berasal dari sel).

### **C. Struktur dan Fungsi Bagian-bagian Sel**

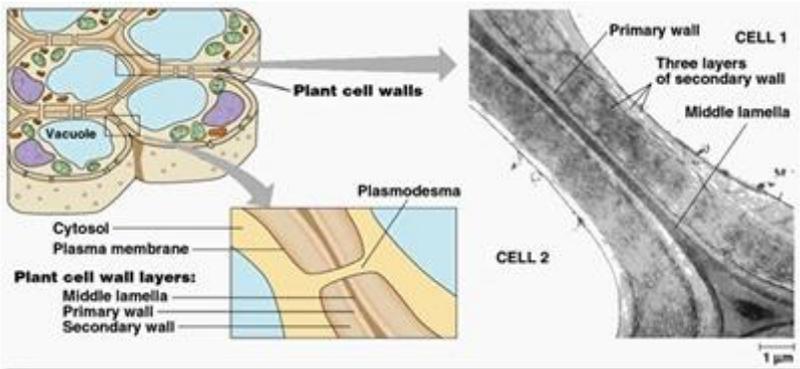
Semua sel dibatasi oleh suatu membran yang disebut membran plasma, sementara daerah di dalam sel disebut sitoplasma. Setiap sel, pada tahap tertentu dalam hidupnya, mengandung DNA sebagai materi yang dapat diwariskan dan mengarahkan aktivitas sel tersebut. Selain itu, semua sel memiliki struktur yang disebut ribosom yang berfungsi dalam pembuatan protein yang akan digunakan sebagai katalis pada berbagai reaksi kimia dalam sel tersebut.

Secara umum suatu sel dapat dibedakan atas bagian-bagian: dinding sel, membran sel, sitosol, dan organel sel.

## 1. Dinding sel

Dinding sel hanya ditemui pada sel tumbuhan, berupa matriks ekstraseluler yang menyelubungi tiap sel tumbuhan. Bagian ini disusun oleh selulosa saat sel masih muda, dan sejalan dengan proses penuaan sel akan mengalami penimbunan lignin (lignifikasi) sehingga dinding sel menjadi kuat dan liat. Karena alasan inilah dinding sel digunakan untuk melindungi dan memberi bentuk sel. Antar dinding sel yang berdekatan ditembus oleh pori kecil yang disebut noktah. Di dalam noktah ini terdapat pemanjangan sitoplasma yang menembus antar sel dan disebut plasmodesmata, yang berfungsi sebagai penghantar rangsang antar sel tumbuhan. Dinding sel berfungsi melindungi sel tumbuhan, mempertahankan bentuknya, dan mencegah pengisapan air secara berlebihan.

Lihat gambar berikut.



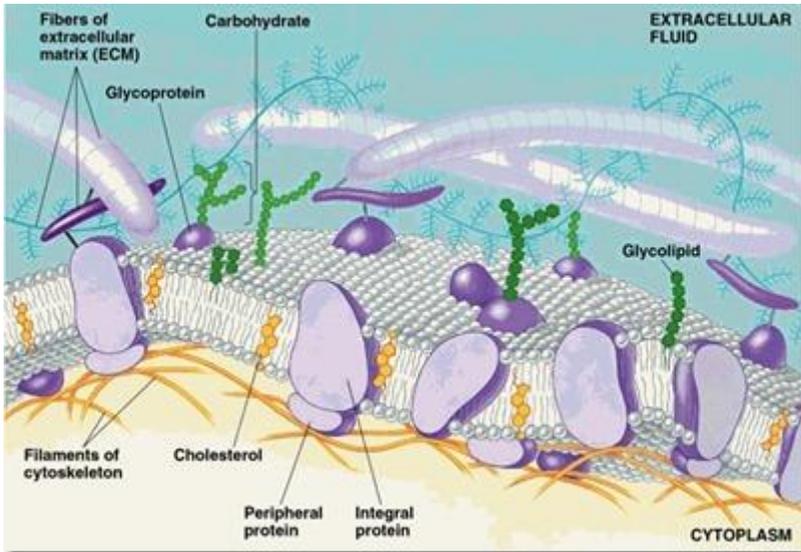
Gambar. Plasmodesmata pada Dinding Sel Tumbuhan

## 2. Membran Sel

Bahan utama yang menyusun membran sel adalah lipoprotein, yaitu suatu bahan yang dibentuk oleh lemak dan protein. Membran sel dibentuk oleh dua lapisan fosfolipid. Protein yang terdapat pada bagian luar atau bagian dalam lapisan fosfolipid disebut protein perifer atau protein ekstrinsik, sedangkan protein yang menembus kedua lapisan fosfolipid disebut protein integral atau protein intrinsik. Pada bagian fosfolipid biasa dijumpai gugus glikolipid, sedangkan pada bagian protein bisa dijumpai glikoprotein.

Lapisan fosfolipid dibedakan atas bagian 'kepala' dan 'ekor'. Bagian kepala bersifat hidrofil (suka air) sedangkan bagian ekor bersifat hidrofob (benci air). Itu sebabnya bagian ekor selalu berhadapan karena di luar dan di dalam sel terdapat cairan ekstraseluler dan intraseluler. Karena membran sel dibentuk oleh struktur lipoprotein tersebut maka membran sel bersifat selektif permeabel, sehingga dipergunakan untuk mengatur transpor zat dari dan ke dalam sel.

Membran sel yang membatasi sel disebut sebagai membran plasma dan berfungsi sebagai rintangan selektif yang memungkinkan aliran oksigen, nutrisi, dan limbah yang cukup untuk melayani seluruh volume sel. Membran sel juga berperan dalam sintesis ATP, pensinyalan sel, dan adhesi sel. Lihat gambar berikut.



Gambar. Membran Sel

### 3. Sitosol/protoplasma

Sitosol atau protoplasma ada dua bagian, yang di dalam sel disebut sitoplasma dan yang ada di dalam inti disebut nukleoplasma. Sebagai suatu isi sel yang hidup sitosol terdiri dari air (70% - 90%), bahan organik, dan bahan anorganik. Sehubungan dengan itu sitosol memiliki sifat fisika dan sifat kimia.

#### a. Sifat fisika protoplasma

Protoplasma merupakan sistem larutan. Ada tiga macam sistem larutan:

- Solusi : bila dalam larutan diameter zat terlarutnya  $< 0,0001$  mm
- Suspensi : bila dalam larutan diameter zat terlarutnya  $> 0,1$  mm
- Koloid : bila dalam larutan diameter zat terlarutnya antara  $0,001$  mm sampai  $0,1$  mm

Bagian yang terbesar dari protoplasma adalah sistem koloid. Sehubungan dengan hal itu protoplasma dapat mengalami:

- perubahan kekentalan koloid sol ke gel dan sebaliknya. Bila kadar air tinggi koloid bersifat sol, dan bila kadar air rendah koloid bersifat gel.
- mengalami gerak Brown, suatu gerak acak molekul dalam koloid yang dipengaruhi oleh muatan listrik, berat jenis, dan suhu.
- mengalami efek Tyndall, suatu proses pemendaran cahaya bila suatu koloid dikenai seberkas sinar.

b. Sifat kimia protoplasma

Protoplasma memiliki sifat dan aspek kimia sebagai berikut:

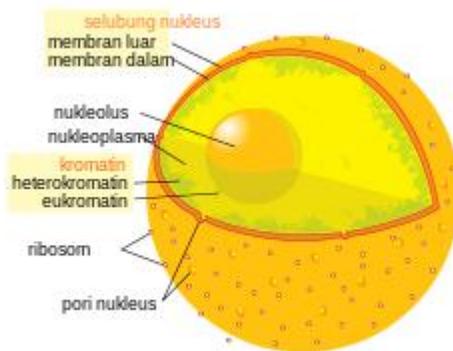
- berdasar analisis abu yang dilakukan oleh Sachs protoplasma disusun oleh unsur-unsur: C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, Na, Cl, dan I
- senyawa anorganik yang menyusun protoplasma antara lain air, asam, misalnya: HNO<sub>3</sub>, HCl; basa, misalnya: NaOH, KOH; garam, misalnya: NaCl, MgCl, NaHCO<sub>3</sub>
- senyawa organik yang menyusun protoplasma adalah karbohidrat, lemak, dan protein.

4. Nukleus

Nukleus mengandung sebagian besar gen yang mengendalikan sel eukariota (sebagian lain gen terletak di dalam mitokondria dan kloroplas). Dengan diameter rata-rata 5  $\mu\text{m}$ , organel ini umumnya adalah organel yang paling mencolok dalam sel eukariota. Kebanyakan sel memiliki satu nukleus, namun ada pula yang memiliki banyak nukleus, contohnya sel otot rangka,

dan ada pula yang tidak memiliki nukleus, contohnya sel darah merah matang yang kehilangan nukleusnya saat berkembang. Selubung nukleus melingkupi nukleus dan memisahkan isinya (yang disebut *nukleoplasma*) dari sitoplasma. Selubung ini terdiri dari dua membran yang masing-masing merupakan lapisan ganda lipid dengan protein terkait.

Di dalam nukleus, DNA terorganisasi bersama dengan protein menjadi kromatin. Sewaktu sel siap untuk membelah, kromatin kusut yang berbentuk benang akan menggulung, menjadi cukup tebal untuk dibedakan melalui mikroskop sebagai struktur terpisah yang disebut kromosom. Struktur yang menonjol di dalam nukleus sel yang sedang tidak membelah ialah nukleolus, yang merupakan tempat sejumlah komponen ribosom disintesis dan dirakit. Nukleus mengendalikan sintesis protein di dalam sitoplasma dengan cara mengirim molekul pembawa pesan berupa RNA, yaitu mRNA, yang disintesis berdasarkan "pesan" gen pada DNA.



Gambar Nukleus dan bagian-bagiannya

## 5. Organel-Organel Sel

### a. Ribosom

Ribosom merupakan organel yang tidak bermembran berfungsi sebagai tempat sel membuat protein. Organel ini disusun oleh asam ribonukleat, dan terdapat bebas dalam sitoplasma maupun melekat pada RE. Sel dengan laju sintesis protein yang tinggi memiliki banyak sekali ribosom, contohnya sel hati manusia yang memiliki beberapa juta ribosom. Ribosom sendiri tersusun atas berbagai jenis protein dan sejumlah molekul RNA.



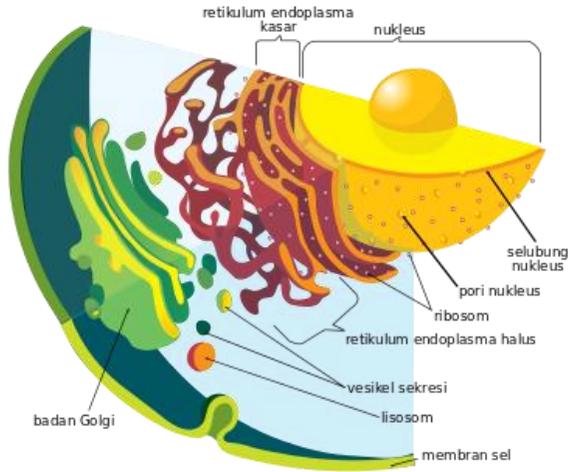
Gambar. Ribosom

Ribosom eukariota lebih besar daripada ribosom prokariota, namun keduanya sangat mirip dalam hal struktur dan fungsi. Keduanya terdiri dari satu subunit besar dan satu subunit kecil yang bergabung membentuk ribosom lengkap dengan massa beberapa juta dalton. Pada eukariota, ribosom dapat ditemukan bebas di sitosol atau terikat pada bagian luar retikulum endoplasma. Sebagian besar protein yang diproduksi ribosom

bebas akan berfungsi di dalam sitosol, sementara ribosom terikat umumnya membuat protein yang ditujukan untuk dimasukkan ke dalam membran, untuk dibungkus di dalam organel tertentu seperti lisosom, atau untuk dikirim ke luar sel. Ribosom bebas dan terikat memiliki struktur identik dan dapat saling bertukar tempat. Sel dapat menyesuaikan jumlah relatif masing-masing ribosom begitu metabolismenya berubah.

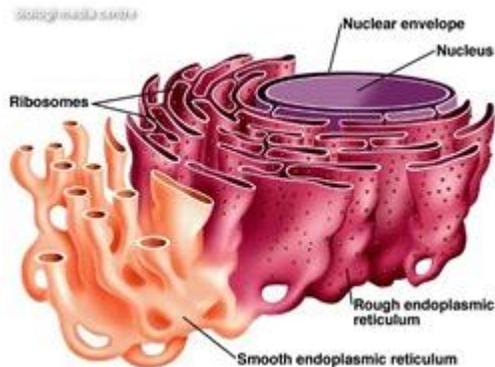
b. Sistem endomembran

Berbagai membran dalam sel eukariota merupakan bagian dari sistem endomembran. Membran ini dihubungkan melalui sambungan fisik langsung atau melalui transfer antarsegmen membran dalam bentuk vesikel (gelembung yang dibungkus membran) kecil. Sistem endomembran mencakup selubung nukleus, retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, berbagai jenis vakuola, dan membran plasma. Sistem ini memiliki berbagai fungsi, termasuk sintesis dan modifikasi protein serta transpor protein ke membran dan organel atau ke luar sel, sintesis lipid, dan penetralan beberapa jenis racun.



c. Retikulum endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan perluasan selubung nukleus yang terdiri dari jaringan (*reticulum* = 'jaring kecil') saluran bermembran dan vesikel yang saling terhubung. Organel ini berupa sistem membran yang berlipat-lipat, menghubungkan antara membran sel dengan membran inti, dan berperan dalam proses transpor zat intra sel.



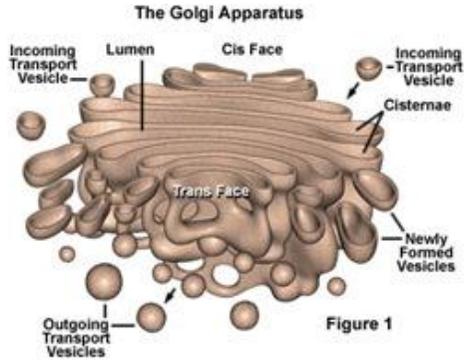
Gambar Retikulum Endoplasma

Terdapat dua bentuk retikulum endoplasma, yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus.

- Retikulum endoplasma kasar yaitu RE yang permukaannya ditempeli banyak ribosom, berfungsi dalam proses sintesis protein.
- Retikulum endoplasma halus yaitu RE yang tidak memiliki ribosom pada permukaannya. Retikulum endoplasma halus berfungsi, misalnya, dalam sintesis lipid komponen membran sel. Dalam jenis sel tertentu, misalnya sel hati, membran retikulum endoplasma halus mengandung enzim yang mengubah obat-obatan, racun, dan produk sampingan beracun dari metabolisme sel menjadi senyawa-senyawa yang kurang beracun atau lebih mudah dikeluarkan tubuh.

d. Badan Golgi

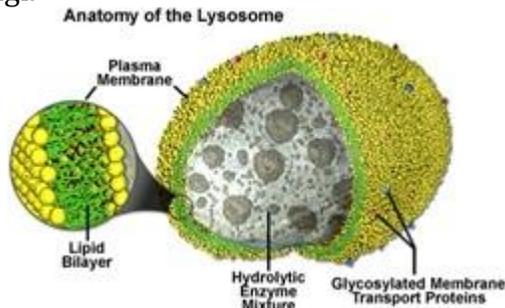
Badan Golgi (dinamai menurut nama penemunya, Camillo Golgi) tersusun atas setumpuk kantong pipih dari membran yang disebut *sisterna*. Jumlah dan ukuran badan Golgi bergantung pada jenis sel dan aktivitas metabolismenya. Sel yang aktif melakukan sekresi protein dapat memiliki ratusan badan Golgi. Organel ini biasanya terletak di antara retikulum endoplasma dan membran plasma. Organel ini berbentuk seperti kantong pipih, berfungsi dalam proses sekresi lendir, glikoprotein, karbohidrat, lemak, atau enzim, serta berfungsi membentuk lisosom. Karena fungsinya dalam hal sekresi, maka badan golgi banyak ditemui pada sel-sel penyusun kelenjar.



Gambar Badan Golgi

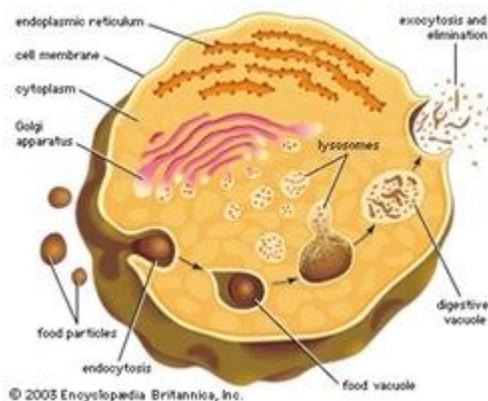
e. Lisosom

Lisosom berbentuk kantong-kantong kecil dan umumnya berisi enzim pencernaan (hidrolisis) yang berfungsi dalam peristiwa pencernaan intra sel. Lisosom pada sel hewan merupakan vesikel yang memuat lebih dari 30 jenis enzim hidrolitik untuk menguraikan berbagai molekul kompleks. Sel menggunakan kembali subunit molekul yang sudah diuraikan lisosom itu. Bergantung pada zat yang diuraikannya, lisosom dapat memiliki berbagai ukuran dan bentuk. Organel ini dibentuk sebagai vesikel yang melepaskan diri dari badan Golgi.



Gambar Lisosom

Lisosom menguraikan molekul makanan yang masuk ke dalam sel melalui endositosis ketika suatu vesikel endositosis bergabung dengan lisosom. Dalam proses yang disebut autofagi, lisosom mencerna organel yang tidak berfungsi dengan benar. Lisosom juga berperan dalam fagositosis, proses yang dilakukan sejumlah jenis sel untuk menelan bakteri atau fragmen sel lain untuk diuraikan. Contoh sel yang melakukan fagositosis ialah sejenis sel darah putih yang disebut fagosit, yang berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh.



Gambar Lisosom

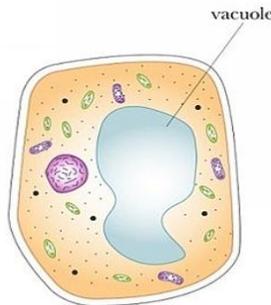
Sehubungan dengan bahan yang dikandungnya lisosom memiliki peran dalam peristiwa:

- pencernaan intrasel: mencerna materi yang diambil secara fagositosis
- eksositosis: pembebasan sekret keluar sel
- autofagi: penghancuran organel sel yang sudah rusak
- autolisis: penghancuran diri sel dengan cara melepaskan enzim pencerna dari dalam lisosom ke dalam sel. Contoh peristiwa ini

adalah proses kematian sel secara sistematis saat pembentukan jari tangan, atau hilangnya ekor berudu yang mulai beranjak dewasa.

f. Vakuola

Kebanyakan fungsi lisosom sel hewan dilakukan oleh vakuola pada sel tumbuhan. Membran vakuola, yang merupakan bagian dari sistem endomembran, disebut *tonoplas*. Vakuola berasal dari kata bahasa Latin *vacuolum* yang berarti 'kosong' dan dinamai demikian karena organel ini tidak memiliki struktur internal. Umumnya vakuola lebih besar daripada vesikel, dan kadang kala terbentuk dari gabungan banyak vesikel.



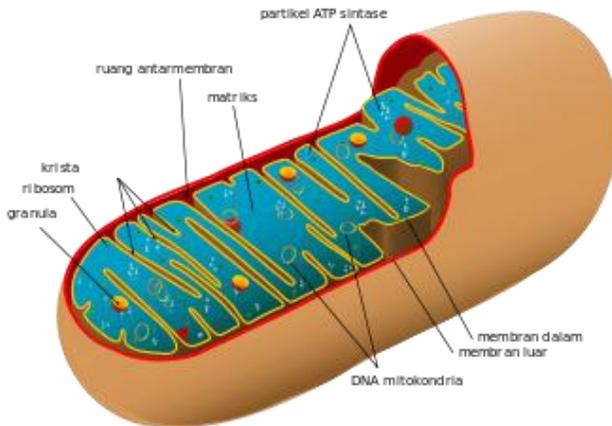
Gambar Vakuola

Pada tumbuhan vakuola berukuran sangat besar dan umumnya termodifikasi sehingga berisi alkaloid, pigmen anthosianin, tempat penimbunan sisa metabolisme, ataupun tempat penyimpanan zat makanan. Pada sel hewan vakuolanya kecil atau tidak ada, kecuali hewan bersel satu. Pada hewan bersel satu terdapat dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan yang berfungsi dalam pencernaan intrasel dan vakuola kontraktil yang berfungsi sebagai osmoregulator.

g. Mitokondria

Sebagian besar sel eukariota mengandung banyak mitokondria, yang menempati sampai 25 persen volume sitoplasma. Organel ini termasuk organel yang besar, secara umum hanya lebih kecil dari nukleus, vakuola, dan kloroplas. Nama mitokondria berasal dari penampakkannya yang seperti benang (bahasa Yunani *mitos*, 'benang') di bawah mikroskop cahaya.

Mitokondria adalah organel yang berfungsi sebagai tempat respirasi aerob untuk pembentukan ATP sebagai sumber energi sel. Organel yang hanya dimiliki oleh sel aerob ini memiliki dua lapis membran. Membran bagian dalam berlipat-lipat dan disebut krista, berfungsi memperluas permukaan sehingga proses pengikatan oksigen dalam respirasi sel berlangsung lebih efektif. Bagian yang terletak diantara membran krista berisi cairan yang disebut matriks banyak mengandung enzim pernafasan atau sitokrom.

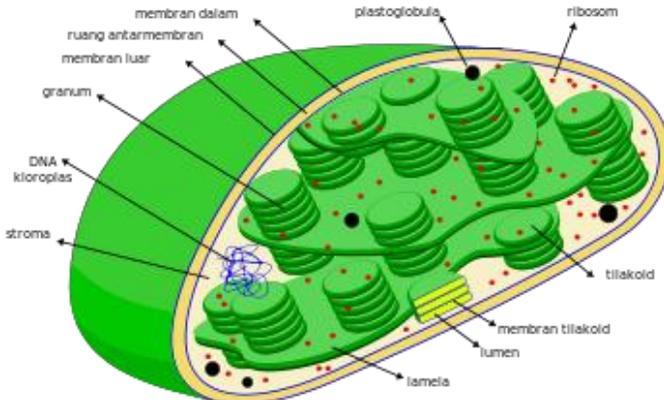


Gambar Mitokondria

#### h. Plastida

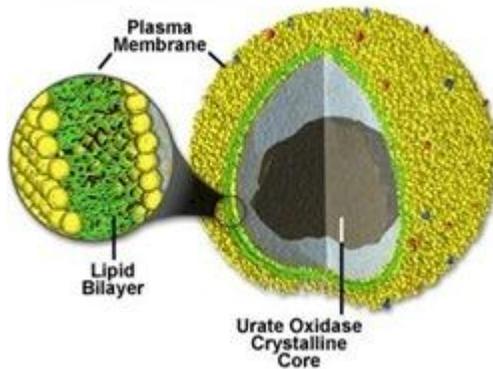
Plastida merupakan organel yang umumnya berisi pigmen. Plastida yang berisi pigmen klorofil disebut kloroplas, berfungsi sebagai organel utama penyelenggara proses fotosintesis. Kromoplas adalah plastida yang berisi pigmen selain klorofil, misalkan karoten, xantofil, fikoerithrin, atau fikosantin, dan memberikan warna pada mahkota bunga atau warna pada alga. Plastida yang tidak berwarna disebut leukoplas, termodifikasi sedemikian rupa sehingga berisi bahan organik. Ada beberapa macam leukoplas berdasar bahan yang dikandungnya: amiloplas berisi amilum, elaioplas (lipoplas) berisi lemak, dan proteoplas berisi protein.

Plastida berbentuk seperti cakram dan, seperti mitokondria, memiliki membran luar dan membran dalam yang dipisahkan oleh ruang antarmembran. Membran dalam menyelimuti *stroma*, yang memuat berbagai enzim yang bertanggung jawab membentuk karbohidrat dari karbon dioksida dan air dalam fotosintesis. Suatu sistem membran dalam yang kedua di dalam stroma terdiri dari kantong-kantong pipih disebut *tilakoid* yang saling berhubungan. Tilakoid-tilakoid membentuk suatu tumpukan yang disebut *granum* (jamak, *grana*). Klorofil terdapat pada membran tilakoid, yang berperan serupa dengan membran dalam mitokondria, yaitu terlibat dalam pembentukan ATP. Sebagian ATP yang terbentuk ini digunakan oleh enzim di stroma untuk mengubah karbon dioksida menjadi senyawa antara berkarbon tiga yang kemudian dikeluarkan ke sitoplasma dan diubah menjadi karbohidrat.



Gambar Plastida: Kloroplas

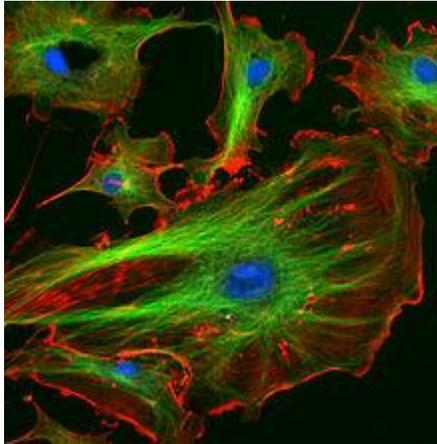
- i. **Badan Mikro (Peroksisom dan Glioksisom)**  
 Peroksisom berukuran mirip dengan lisosom dan dapat ditemukan dalam semua sel eukariota. Peroksisom merupakan kantong kecil yang berisi enzim katalase, berfungsi menguraikan peroksida ( $H_2O_2$ ) yang merupakan sisa metabolisme yang bersifat toksik menjadi air dan oksigen. Organel ini banyak ditemui pada sel hati. Salah satu tugas peroksisom adalah mengoksidasi asam lemak panjang menjadi lebih pendek yang kemudian dibawa ke mitokondria untuk oksidasi sempurna. Peroksisom senantiasa berasosiasi dengan organel lain. Peroksisom pada sel hati dan ginjal juga mendetoksifikasi berbagai molekul beracun yang memasuki darah, misalnya alkohol. Glioksisom adalah badan mikro pada tumbuhan, berperan dalam proses perubahan senyawa lemak menjadi sukrosa yang berguna untuk pertumbuhan tanaman.



Gambar Perioxisom

j. Sitoskeleton

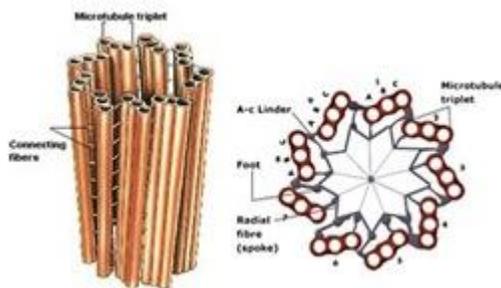
Sitoskeleton sel eukariota; mikrotubulus diwarnai hijau, sementara mikrofilamen diwarnai merah. Sitoskeleton eukariota terdiri dari tiga jenis serat protein, yaitu mikrotubulus, filamen intermediet, dan mikrofilamen. Protein sitoskeleton yang serupa dan berfungsi sama dengan sitoskeleton eukariota ditemukan pula pada prokariota. Mikrotubulus berupa silinder berongga yang memberi bentuk sel, menuntun gerakan organel, dan membantu pergerakan kromosom pada saat pembelahan sel. Silia dan flagela eukariota, yang merupakan alat bantu pergerakan, juga berisi mikrotubulus. Filamen intermediet mendukung bentuk sel dan membuat organel tetap berada di tempatnya. Sementara itu, mikrofilamen, yang berupa batang tipis dari protein aktin, berfungsi antara lain dalam kontraksi otot pada hewan, pembentukan pseudopodia untuk pergerakan sel ameba, dan aliran bahan di dalam sitoplasma sel tumbuhan.



Gambar Sitoskeleton

k. Sentrosom

Sentrosom merupakan organel yang disusun oleh dua sentriole. Sentriole berbentuk seperti tabung dan disusun oleh mikrotubulus yang terdiri atas 9 triplet, terletak di dekat salah satu kutub inti sel. Sentriole ini berperan dalam proses pembelahan sel dengan membentuk benang spindel. Benang spindel inilah yang akan menarik kromosom menuju ke kutub sel yang berlawanan.

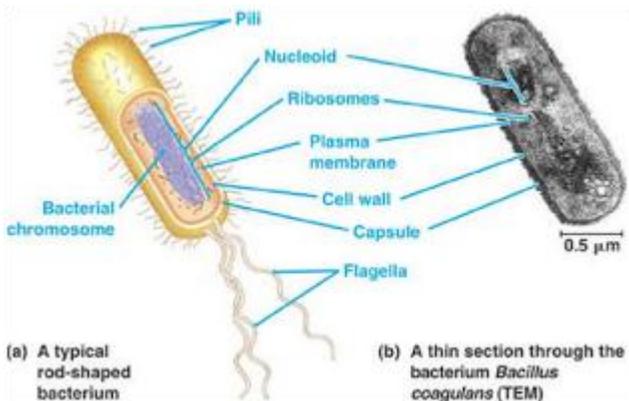


Gambar Sentriol

**Berdasarkan pembahasan tentang struktur sel dan fungsinya, maka silahkan saudara identifikasi perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan!**

#### **D. Pembagian Sel**

Makhluk hidup seluler baik yang bersel tunggal (uniseluler) maupun yang bersel banyak (multiseluler) berdasarkan pada beberapa sifatnya, antara lain ada tidaknya sistem endomembran, dikelompokkan dalam dua tipe sel, yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Selain itu, kedua jenis sel ini dibedakan berdasarkan posisi DNA di dalam sel; sebagian besar DNA pada eukariota terselubung membran organel yang disebut nukleus atau inti sel, sedangkan prokariota tidak memiliki nukleus. Hanya bakteri dan arkea yang memiliki sel prokariotik, sementara protista, tumbuhan, jamur, dan hewan memiliki sel eukariotik. Sel prokariotik terdapat pada bakteri dan ganggang biru (struktur sel bakteri dapat dilihat pada gambar berikut).



Gambar Struktur Umum Sel Prokariotik

Selain berdasarkan membran inti, makhluk hidup dapat dibedakan berdasarkan jumlah sel yang dimiliki. Organisme (makhluk hidup) yang terdiri dari banyak sel disebut Multiseluler, contohnya adalah manusia, hewan dan tumbuhan. Organisme multiseluler terdiri dari banyak tipe sel terspesialisasi dengan fungsinya masing-masing. Sedangkan Organisme yang hanya memiliki satu sel saja disebut Uniseluler, contohnya adalah bakteri dan ganggang. Namun demikian, seluruh tubuh semua organisme berasal dari hasil pembelahan satu sel. Contohnya, tubuh bakteri berasal dari pembelahan sel bakteri induknya, sementara tubuh tikus berasal dari pembelahan sel telur induknya yang sudah dibuahi.

Perbedaan organisme multiseluler dan organisme uniseluler selain dari jumlah sel penyusun tubuhnya adalah organisme multiseluler biasanya memiliki tubuh yang besar dan dapat dilihat oleh mata tanpa menggunakan alat bantu, sedangkan organisme uniseluler biasanya berukuran mikroskopis dan harus menggunakan mikroskop untuk melihatnya.

## **E. Aktivitas pada Membran Sel**

Pada kenyataannya, semua proses kehidupan berlangsung di dalam sel mulai dari proses nutrisi, proses regulasi, proses metabolisme, proses ekskresi, proses reproduksi dan proses-proses kehidupan lainnya. Salah satu proses penting yang terjadi di dalam sebuah sel adalah proses transportasi atau pengangkutan zat dari luar dan ke dalam sel itu sendiri. Sistem transportasi adalah proses pengangkutan suatu senyawa atau molekul dari asal ke suatu tujuan yang terjadi pada sel. Proses ini berkaitan dengan pengaturan kadar air dan mineral di dalam sel yang melibatkan pengangkutan zat-zat keluar-masuk sel dan

diatur oleh membran sel. Proses ini bisa terjadi baik secara aktif (memerlukan energi) maupun terjadi secara pasif (tanpa memerlukan energi).

Berdasarkan ada tidaknya kebutuhan energi, proses transportasi ini dibedakan menjadi 2 yaitu: transportasi aktif dan transportasi pasif.

1. Transpor pasif merupakan suatu proses pengangkutan yang tidak membutuhkan energi dimana prosesnya terjadi secara spontan biasanya molekul menuruni gradien konsentrasi dan molekul yang dapat masuk biasanya bersifat non-polar seperti oksigen, karbondioksida, lipid dan molekul polar yang berukuran kecil seperti etanol dan air. Pada transportasi jenis ini, molekul zat berpindah dari satu tempat ke tempat lain menggunakan prinsip perbedaan keadaan konsentrasi larutan tanpa memerlukan energi dalam bentuk ATP.

Contoh transpor pasif, yaitu difusi, difasilitasi dan osmosis.

- a. Difusi terbagi atas dua, yaitu difusi bebas dan difusi terikat. Difusi bebas yaitu proses pengangkutan suatu molekul tanpa bantuan protein pembawa (*carrier*). Pada transportasi ini, molekul zat berpindah dari keadaan hipertonis menuju keadaan hipotonis secara langsung tanpa melalui membran selektif permeabel. Difusi terikat atau biasa dikenal dengan difusi difasilitasi, yaitu proses pengangkutan suatu molekul yang membutuhkan bantuan protein pembawa (*carrier*). Pada transportasi ini molekul zat terlarut bergerak pindah tempat dari keadaan hipertonis menuju ke keadaan hipotonis dengan bantuan suatu protein pada membran sel tanpa memerlukan energi.

- b. Osmosis merupakan perpindahan pelarut dari konsentrasi yang hipertonis ke konsentrasi yang hipotonis. Pada transportasi ini, molekul air (zat pelarut) bergerak pindah tempat dari keadaan hipotonis menuju tempat dengan keadaan hipertonis melewati suatu membran yang bersifat semipermeabel/selektif permeabel. Sifat ini, dimiliki oleh membran sel.
2. Transpor aktif merupakan proses pengangkutan molekul melawan gradien konsentrasi dengan bantuan energi dimana prosesnya terjadi tidak spontan. Dengan kata lain, pada transportasi jenis ini, molekul zat terlarut berpindah dari keadaan hipotonis menuju keadaan hipertonis, dengan menggunakan bantuan energi dalam bentuk *Adenosin Triphosphat* (ATP). Proses ini membutuhkan protein pembawa (*carrier*). Salah satu contoh transportasi aktif adalah Pompa ION Na-K, fagositosis, Pinositosis, eksositosis dan endositosis.
3. Transpor sitosis merupakan proses transportasi besar yang melibatkan adanya pelepasan sebahagian dari membran sel dan fragmen membran yang menjadi selaput bagi zat yang diangkut. Transpor ini terbagi atas dua, yaitu endositosis dan eksositosis.
- a. Endositosis, yaitu proses pengambilan molekul atau senyawa dari luar sel ke dalam sel itu sendiri.
- Fagositosis adalah proses pengangkutan molekul padat.
  - Pinositosis adalah proses pengangkutan molekul cair.
- b. Eksositosis, yaitu proses pengeluaran molekul atau senyawa dari dalam ke lingkungan atau ke luar dari sel.

## BAB III

### KOMPOSISI KIMIAWI MAKHLUK HIDUP

Organisme tersusun dari materi, yakni segala sesuatu yang menempati ruang dan memiliki massa. Materi terdapat dalam berbagai bentuk. Batuan, logam, kayu, kaca, minyak, gas, dan manusia hanyalah sedikit contoh dari materi yang ragamnya tidak terhitung. Unsur merupakan zat yang tidak dapat dipecah lagi menjadi zat lain dengan reaksi kimiawi. Para kimiawan mengenal 92 unsur yang terdapat di alam, setiap unsur tersebut memiliki lambang, biasanya huruf pertama atau dua huruf dari nama unsur tersebut. Sebagian lambang diturunkan dari bahasa Latin atau Jerman; misalnya, lambang untuk natrium adalah Na, dari kata Latin *natrium*. Senyawa merupakan zat yang terdiri atas dua unsur atau lebih yang dikombinasikan dengan rasio tetap. Misalnya, garam dapur ialah natrium klorida (NaCl), suatu senyawa yang tersusun dari unsur natrium (Na) dan klorin (Cl) dengan rasio 1:1. Kira-kira 25 dari 92 unsur alam diketahui penting untuk kehidupan. Empat diantaranya-karbon (C), oksigen (O), hidrogen (H), dan nitrogen (N) adalah unsur penyusun 96% materi hidup. Fosfor (P), sulfur (S), kalsium (Ca), kalium (K) dan beberapa unsur lain merupakan bagian terbesar dari 4% unsur tersisa dalam berat organisme. Bahan dasar sebuah sel terdiri atas air sekitar 70-85%, protein sekitar 10-20%, lemak 2%, karbohidrat 1%, dan elektrolit.

Komponen kimia dalam sel dapat berupa zat-zat anorganik, yaitu zat-zat yang sukar bahkan tidak dapat diuraikan oleh bakteri pengurai atau dekomposer. Zat anorganik adalah zat yang terbentuk dari proses katabolisme zat organik. Misalnya air dan ion-ion mineral.

Zat organik adalah zat yang terbentuk dari proses anabolisme zat anorganik. Komponen utama zat organik adalah karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Zat organik meliputi karbohidrat, lemak, protein, asam nukleat dan zat organik lainnya. dan komponen organik misalnya protein, lipida, karbohidrat, dan asam nukleat.

## A. Karbohidrat

Molekul karbohidrat adalah substansi yang terdiri atas atom-atom karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Perbandingan antara molekul H dan O adalah 2:1. Semua karbohidrat dapat dirumuskan sebagai  $C_n(H_2O)_m$ . Berbagai senyawa yang termasuk kelompok karbohidrat mempunyai molekul yang berbeda-beda ukurannya, yaitu dari senyawa sederhana dengan berat molekul rendah hingga berat molekul besar. Berbagai senyawa tersebut dapat dibagi dalam 3 golongan, yaitu:

### 1. Monosakarida

Monosakarida ialah karbohidrat sederhana, dalam arti molekulnya hanya terdiri dari atas beberapa atom karbon saja dan tidak dapat diuraikan dengan cara hidrolisis dalam kondisi lunak menjadi karbohidrat lain. Monosakarida umumnya memiliki rumus molekul yang merupakan beberapa kelipatan  $CH_2O$ . Monosakarida dapat dikelompokkan berdasarkan kandungan atom karbonnya, yaitu Triosa= $(C_3H_6O_3)$ , Tetrosa= $(C_4H_8O_4)$ , Pentosa= $(C_5H_{10}O_5)$ , dan Heksosa= $(C_6H_{12}O_6)$ . Contoh terpenting dari monosakarida adalah glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Ketiga-tiganya merupakan isomer dengan rumus  $C_6H_{12}O_6$ .

Macam-macam monosakarida:

- Glukosa, dinamakan juga dekstrosa atau gula anggur, terdapat luas di alam dalam jumlah sedikit, yaitu di dalam sayur, buah, sirup jagung, sari pohon, dan bersamaan dengan fruktosa dalam madu. Glukosa merupakan hasil akhir pencernaan pati, sukrosa, maltosa, dan laktosa pada hewan dan manusia. Dalam proses metabolisme, glukosa merupakan bentuk karbohidrat yang beredar di dalam tubuh dan di dalam sel merupakan sumber energi.
- Fruktosa, dinamakan juga levulosa atau gula buah, adalah gula paling manis. Fruktosa mempunyai rumus kimia yang sama dengan glukosa,  $C_6H_{12}O_6$ , namun strukturnya berbeda.
- Galaktosa, tidak terdapat bebas di alam seperti halnya glukosa dan fruktosa, akan tetapi terdapat dalam tubuh sebagai hasil pencernaan laktosa.
- Manosa, jarang terdapat di dalam makanan. Di gurun pasir, seperti di Israel terdapat di dalam manna yang mereka olah untuk membuat roti.
- Pentosa, merupakan bagian sel-sel semua bahan makanan alami. Jumlahnya sangat kecil, sehingga tidak penting sebagai sumber energi.

## 2. Disakarida

Disakarida terdiri atas dua monosakarida yang berikatan kovalen terhadap sesamanya. Pada kebanyakan disakarida, ikatan kimia yang menggabungkan kedua unit monosakarida disebut ikatan glikosida, dan dibentuk jika gugus hidroksil pada salah satu gula bereaksi dengan karbon pada gula yang kedua. Disakarida menghasilkan dua molekul monosakarida yang sama atau berbeda bila mengalami hidrolisis, misalnya:

Maltosa -----> Glukosa + Glukosa

Laktosa -----> Glukosa + Galaktosa

Sukrosa -----> Glukosa + Fruktosa

Disakarida yang paling banyak di alam adalah sukrosa, yaitu gula yang sehari-hari kita konsumsi. Kedua monumernya adalah glukosa dan fruktosa. Maltosa, laktosa, dan sukrosa mempunyai rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

### 3. Polisakarida

Polisakarida adalah makromolekul, polimer dengan beberapa ratus sampai beberapa ribu monosakarida yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Polisakarida lain berfungsi sebagai materi pembangun (penyusun) untuk struktur yang melindungi sel atau keseluruhan organisme. Arsitektur dan fungsi suatu polisakarida ditentukan oleh monomer gulanya dan oleh posisi ikatan glikosidiknya. Rumus umum polisakarida yaitu  $C_6H_{10}O_5$ . Polisakarida dapat dibagi menjadi dua kelas utama yaitu homopolisakarida dan heteropolisakarida. Homopolisakarida yang mengalami hidrolisis hanya menghasilkan satu jenis monosakarida, sedangkan heteropolisakarida bila mengalami hidrolisis sempurna menghasilkan lebih dari satu jenis monosakarida. Beberapa Contoh polisakarida yang penting diantaranya:

- Amilum (pati) terdiri atas 20-30 unit sakarida. Terdapat dalam sel tumbuhan.
- Selulosa (zat kayu) terdiri atas 3000 sakarida. 50 % tubuh tumbuhan terdiri atas selulosa yang membentuk dinding sel.
- Glikogen, polisakarida yang terdapat khusus pada sel hewan, glikogen pada hewan terdiri atas 8-20 polimer glukosa.

Fungsi Karbohidrat adalah:

1. Sumber energi

Fungsi utama karbohidrat adalah menyediakan energi bagi tubuh. Karbohidrat merupakan sumber utama energi bagi penduduk di seluruh dunia, karena banyak didapat di alam dan harganya relatif murah. Satu gram karbohidrat menghasilkan 4 kkalori.

2. Pemberi rasa manis pada makanan

Karbohidrat memberi rasa manis pada makanan, khususnya mono dan disakarida. Gula tidak mempunyai rasa manis yang sama. Fruktosa adalah gula yang paling manis. Bila tingkat kemanisan sakarosa diberi nilai 1, maka tingkat kemanisan fruktosa adalah 1,7; glukosa 0,7; maltosa 0,4; laktosa 0,2

3. Penghemat protein

Bila karbohidrat makanan tidak mencukupi, maka protein akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi, dengan mengalahkan fungsi utamanya sebagai zat pembangun. Sebaliknya, bila karbohidrat makanan mencukupi, protein terutama akan digunakan sebagai zat pembangun.

4. Pengatur metabolisme lemak

Karbohidrat mencegah terjadinya oksidasi lemak yang tidak sempurna, sehingga menghasilkan bahan-bahan keton berupa asam asetoasetat, aseton, dan asam beta-hidroksi-butirat. Bahan-bahan ini dibentuk menyebabkan ketidakseimbangan natrium dan dehidrasi. pH cairan menurun. Keadaan ini menimbulkan ketosis atau asidosis yang dapat merugikan tubuh.

## **B. Protein**

Protein meliputi lebih dari 50% bobot kering sebagian besar sel, dan molekul ini sangat berguna sebagai alat bantu

dalam hampir setiap hal yang dilakukan oleh organisme. Protein adalah makromolekul yang terdiri atas asam-asam amino yang saling berikatan dengan ikatan kovalen diantara gugus a-karboksil asam amino dengan gugus amino dari asam amino yang lain. Ikatan diantara asam amino disebut ikatan peptide. Polimer asam amino disebut polipeptida. Suatu protein terdiri atas satu atau lebih polipeptida yang terlipat dan terbelit membentuk suatu kesesuaian yang spesifik. Molekul protein dapat terdiri atas satu atau sejumlah rantai polipeptida dan setiap rantai dapat terdiri atas ratusan hingga jutaan residu asam amino. Ada tiga golongan protein yaitu protein sederhana, protein gabungan, dan protein tambahan.

1. Protein sederhana, mengandung asam-asam amino atau derivatnya dan jika dihidrolisis menghasilkan asam amino saja, contoh: Albumin, globulin, albuminoid.
2. Protein gabungan, selain asam-asam amin mengandung golongan prsthetic, contoh: casein, hemoglobin lipoprotein.
3. Protein tambahan, berasal dari perombakan sebagian (tak sempurna) protein, contoh: protesa, pepetida dan pepton.

### **C. Lemak**

Lemak disusun dari dua jenis molekul yang lebih kecil: gliserol dan asam lemak. Lemak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam karboksilat suku tinggi. Gliserol adalah sejenis alkohol yang memiliki tiga karbon. Sedangkan asam lemak memiliki kerangka karbon panjang, umumnya 16 sampai 18 atom karbon. Ikatan C-H nonpolar yang terdapat pada ekor asam lemak itu menyebabkan lemak bersifat hidrofobik. Asam lemak yang terdapat di alam adalah asam palmitat ( $C_{15}H_{31}COOH$ ), asam stearat ( $C_{17}H_{35}COOH$ ), asam

oleat ( $C_{17}H_{33}COOH$ ), dan asam linoleat ( $C_{17}H_{29}COOH$ ). Pada lemak, satu molekul gliserol mengikat tiga molekul asam lemak, oleh karena itu lemak adalah suatu *trigliserida*.

Berdasarkan tingkat kejenuhannya lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Hal ini mengacu pada struktur rantai hidrokarbon asam lemak.

#### 1. Asam lemak jenuh

Asam lemak jenuh, yaitu asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh). Contoh: asam laurat, asam palmitat, dan asam stearat.

#### 2. Asam lemak tak jenuh

Asam lemak tak jenuh, yaitu asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Contoh: asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat.

Lemak atau minyak dapat dimanfaatkan untuk beberapa tujuan, diantaranya sebagai berikut.

1. Sumber energi bagi tubuh. Lemak dalam tubuh berfungsi sebagai cadangan makanan atau sumber energi. Lemak adalah bahan makanan yang kaya energi. Pembakaran 1 gram lemak menghasilkan sekitar 9 kilokalori.
2. Bahan pembuatan mentega atau margarine. Lemak atau minyak dapat diubah menjadi mentega atau margarin dengan cara hidrogenasi.
3. Bahan pembuatan sabun

### **D. Asam Nukleat**

Molekul yang lebih besar dari protein atau asam nukleat merupakan polimer dari monomer-monomer yang disebut nukleotida. Nukleotida terdiri atas rangkaian gula, fosfat dan basa N. Satu nukleotida terdiri atas basa nitrogen, gula pentosa (gula berkarbon lima), dan gugus fosfat. Dalam

suatu polimer asam nukleat atau polinukleotida, nukleotida-nukleotida dihubungkan dengan ikatan kovalen yang disebut ikatan fosfodiester antara fosfat dari suatu nukleotida dan gula dari nukleotida berikutnya.

Terdapat dua jenis asam nukleat: asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA).

1. DNA (*deoxyribose nucleic acid*)

Pada DNA unsur fosfatnya,  $PO_4^{-3}$ , gulanya deoxyribose dan basa N-nya adalah adenin, timin, guanin, dan sitosin. Pada makhluk tak berinti dan jamur, DNA itu tunggal, tak berpasangan. Pada makhluk berinti kecuali jamur, sepasang. DNA membina sebagian besar gen. Sisanya gen itu terdiri dari protein. Sehingga DNA dapat disebut sebagai bahan genetis (sifat keturunan). DNA dibina atas puluhan sampai ribuan nukleotida.

2. RNA (*ribose nucleic acid*)

Pada RNA unsur fosfatnya,  $PO_4^{-3}$ , gulanya ribose dan basa N-nya adalah adenin, urasil, guanin, dan sitosin. Terdapat banyak pada plasma, sedikit dalam nukleotida. RNA selalu tunggal, tak berpasangan. RNA ada 3 macam yaitu:

a. RNA-m (m = messenger)

RNA-m terbentuk saat diperlukan, untuk mensintesa sejenis protein. Disebut messenger karena ia pembawa perintah, kabar, dari gen untuk melakukan sintesis protein itu.

b. RNA-t (t = transfer)

RNA-t terdapat selalu dalam plasma, dan larut. Disebut juga RNA larut. Terdiri dari polimer nukleotida yang pendek, berpilin, sehingga nampak seperti double helix. Pada waktu sintesa protein, RNA-t berjabatan dengan 3 titik basa RNA-m dalam ribosom. Dalam berjabatan itu basa-basanya berpasangan, seperti perpasangan basa itu pada DNA

double helix, hanya T diganti U. Jadi A-U, G-C. Ujung lain RNA-t itu melekat asam amino. Karena ada 20 macam asam amino untuk mensintesa protein, RNA-t pun ada 20 macam, masing-masing membawa asam amino tertentu, yang ditandai oleh susunan 3 titik basa.

c. RNA-r ( r = ribosom)

Terdapat dalam ribosom. Jika sintesa protein berlangsung, RNA-m melekat stengkep dengan RNA-r itu dalam ribosom. RNA-r, seperti RNA-t sudah selalu berada dalam ribosom.

## E. Garam mineral

Mineral merupakan komponen yang diperlukan dalam jumlah kecil tetapi penting peranannya dalam metabolisme tubuh. Mineral merupakan salah satu zat yang diekskresikan berupa keringat melalui pori-pori tubuh. Garam yang terlarut dalam air digunakan sebagai elektrolit dalam tubuh. Mineral penting untuk pembentukan hormon, tulang, gigi, dan darah. Di dalam tubuh organisme terdapat mineral yang larut dalam air, beberapa kation misalnya  $N^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mn^+$ ,  $Fe^{++}$ , dan  $Fe^{+++}$ , dan beberapa anion diantaranya  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $H_2PO^-$ , dan  $NO_3^-$ .

## F. Air

Air merupakan komponen terpenting dalam kehidupan. Air berperan dalam proses-proses fotosintesis dan respirasi. Selain itu air berperan sebagai pelarut mineral dan karbohidrat yang diserap oleh tumbuhan. Air bertanggungjawab sebagai medium yang berperan dalam beberapa reaksi biokimia yang terjadi di dalam tubuh tumbuhan.

## G. Kajian Komposisi Kimiawi dalam al-Qur'an dan Hadis

Dalam Al Qur'an disebutkan bahwa asal kejadian manusia terdiri dari 7 (tujuh) macam tanah yang mempunyai kandungan zat berbeda, yaitu:

1. Zat pembakar atau oksigen

Q. S al-Rahman: 14

خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ صَلْصَالٍ كَالْفَخَّارِ

“Dia menciptakan manusia dari tanah kering seperti tembikar”

Yang dimaksudkan dengan kata “*shal-shal*” di ayat ini ialah: tanah kering atau setengah kering yakni “zat pembakar” atau oksigen.

2. Zat arang atau pembakar

Q. S al-Rahman: 14

Di ayat 14 surah al-Rahman disebutkan juga kata “*fakhkhar*” yangmaksudnya ialah “zat arang” atau carbon.

3. Zat lemas atau nitrogen

Surat Al Hijr, ayat 28:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي خَالِقٌ بَشَرًا مِنْ صَلْصَالٍ مِنْ حَمَإٍ مَسْنُونٍ

Dan (ingatlah), ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: "Sesungguhnya aku akan menciptakan seorang manusia dari tanah liat kering (yang berasal) dari lumpur hitam yang diberi bentuk,

Di ayat ini, tersebut juga “*shal-shal*” (telah diterangkan) dan kata “*hamaa-in*” di ayat tersebut ialah “zat lemas” atau nitrogen.

4. Atom zat air atau hidrogen  
As Sajadah ayat 7:

الَّذِي أَحْسَنَ كُلَّ شَيْءٍ خَلَقَهُ وَبَدَأَ خَلْقَ الْإِنْسَانِ مِنْ طِينٍ

Yang membuat segala sesuatu yang Dia ciptakan sebaik-baiknya dan yang memulai penciptaan manusia dari tanah.

Yang dimaksud dengan kata “*thien*” (tanah) di ayat ini ialah “atom zat air” atau hidrogen.

5. Zat besi atau Ferrum  
Surat Ash Shaffaat ayat 11:

فَأَسْتَفْتِيهِمْ هُمْ أَشَدُّ خَلْقًا أَمْ مَنْ خَلَقْنَا إِنَّا خَلَقْنَاهُمْ مِنْ طِينٍ لَازِبٍ

Maka Tanyakanlah kepada mereka (musyrik Mekah): "Apakah mereka yang lebih kukuh kejadiannya ataukah apa] yang telah Kami ciptakan itu?" Sesungguhnya Kami telah menciptakan mereka dari tanah liat.

Yang dimaksud dengan kata “*lazib*” (tanah liat) di ayat ini ialah “zat besi” atau ferrum.

6. Zat-zat anorganik  
Surah Ali Imran: 59

إِنَّ مَثَلَ عِيسَىٰ عِنْدَ اللَّهِ كَمَثَلِ آدَمَ خَلَقَهُ مِنْ تُرَابٍ ثُمَّ قَالَ لَهُ كُنْ فَيَكُونُ

Sesungguhnya misal (penciptaan) Isa di sisi Allah, adalah seperti (penciptaan) Adam. Allah menciptakan Adam dari tanah, kemudian Allah berfirman kepadanya: "Jadilah" (seorang manusia), Maka jadilah Dia.

Kata “*turab*” (tanah) di ayat ini maksudnya unsur-unsur zat asli yang terdapat di dalam tanah” yang dinamai “zat-zat anorganis”.

7. Lumpur hitam  
Surat Al Hijr ayat 28:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي خَالِقٌ بَشَرًا مِنْ صَلْصَالٍ مِنْ حَمَإٍ مَسْنُونٍ

Dan (ingatlah), ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: "Sesungguhnya aku akan menciptakan seorang manusia dari tanah liat kering (yang berasal) dari lumpur hitam yang diberi bentuk,

Dari ayat-ayat di atas dapat dipahami bahwa persenyawaan antara *fakhhkar* (Carbon = zat arang) dalam surat Ar Rahman ayat 14, *shal-shal* (Oksigen = zat pembakar) juga dalam surat Ar Rahman ayat 14, *hamaa-in* (nitrogen = zat lemas) dalam surat Al Hijr ayat 28, *thien* (hidrogen = zat air) dalam surat As Sajadah ayat 7, kemudian bersenyawa dengan zat besi (Ferrum), Yodium, Kalium, Silcum dan mangaan, yang disebut "*laazib*" (zat-zat anorganis) dalam surat As Shafaat ayat 11. Dalam proses persenyawaan tersebut, lalu terbentuklah zat yang dinamai protein. Inilah yang disebut "*turab*" (zat-zat anorganis) dalam surat Ali Imran ayat 59.

Berdasarkan hasil penelitian, unsur-unsur yang terdapat pada tubuh manusia juga terdapat di dalam tanah. Tubuh manusia terdiri atas air (kadarnya antara 54-70%), lemak (14-26%), protein (11-17%), karbohidrat (10%), dan unsur-unsur anorganik (5-6%). Jika kandungan itu diurai ke dalam unsur-unsur dasarnya maka akan didapat hasil bahwa tubuh manusia terdiri atas oksigen (65%), karbon (18%), hydrogen (10%), nitrogen (3%), kalsium (1,40%), fosfor (0,70%), sulfur (0,20%), potassium (0,18%), sodium (0,10%), klor (0,10%), magnesium (0,054%), dan beberapa unsur lain (0,014%), seperti yodium, fluor, brom, besi, tembaga, mangan, seng, krom, kobalt, nikel, molihdenum, vanadium, silicon, dan

aluminium. Unsur-unsur kimia yang dikandung tanah tidak berbeda dengan unsur-unsur kimia yang terdapat pada tubuh manusia. Atas dasar itulah, Al-Qur'an menyebutkan bahwa manusia diciptakan dari tanah.

Menurut pendapat Prof. Zaghul, perkembangan tubuh manusia juga dipengaruhi oleh unsur-unsur bumi. Janin, yang ada di perut ibu, makan dan tumbuh dari darah ibunya. Sementara itu, darah sang ibu berasal dari makanan yang ditumbuhkan oleh tanah dan air bumi. Setelah lahir, bayi makan dari air susu ibu atau susu formula, yang keduanya juga berasal dari unsur-unsur bumi. Setelah disapih, anak makan dari buah-buahan dan daging yang juga berasal dari unsur-unsur tanah. Disinilah letak hikmah kenapa Allah menciptakan tumbuhan lebih dahulu daripada hewan, dan menciptakan hewan lebih dahulu daripada manusia. Penciptaan manusia dimulai dari tanah dan berakhir di tanah, untuk kemudian dibangkitkan kembali pada hari kiamat.

Adapun keterangan pada ayat 12 surah al-A'rāf merupakan pesan tersirat Al-Qur'an bahwa unsur-unsur dalam tubuh manusia sebenarnya sama dengan unsur tanah karena manusia diciptakan dari tanah, sebagaimana penggalan ayat ini, "*sedangkan dia Engkau ciptakan dari tanah.*" Memahami makna penggalan ayat di atas dengan membuat sebuah hipotesa bahwa unsur-unsur kimia dalam tubuh manusia tidak berbeda dengan unsur-unsur kimia yang dikandung oleh tanah, maka ada 2 kesimpulan dari hasil penelitian maupun analisa terhadap hipotesa ini, yaitu dari penelitian unsur-unsur kimia dalam tanah dan tubuh manusia ditemukan bahwa tubuh manusia terdiri atas air, lemak, protein, karbohidrat, dan unsur organik lainnya. Jika kandungan ini diurai ke dalam unsur-unsur dasarnya maka akan didapat hasil bahwa tubuh manusia terdiri atas oksigen, karbon, hidrogen, nitrogen, kalsium, fosfor, sulfur,

potasium, sodium, magnesium, dan unsur lainnya, seperti yodium, besi, tembaga, dan lain sebagainya. Sedangkan pada tanah sendiri juga terdapat oksigen dan hidrogen, karbon, nitrogen, aluminium, mineral, silikon, aluminium, magnesium, potasium dan masih banyak lagi unsur lain menyerupai unsur dalam tubuh manusia.

# **BAB IV**

## **STRUKTUR DAN FUNGSI TUBUH MAKHLUK HIDUP**

Jaringan adalah kumpulan sel yang memiliki bentuk dan struktur yang sama untuk fungsi tertentu. Jaringan-jaringan yang berbeda dapat bekerja sama untuk suatu fungsi fisiologi yang sama membentuk organ. Jaringan dipelajari dalam cabang biologi yang dinamakan histologi, sedangkan cabang biologi yang mempelajari berubahnya bentuk dan fungsi jaringan dalam hubungannya dengan penyakit adalah histopatologi. Pada hewan dan tumbuhan bersel banyak yang berkembang biak secara seksual, zigot yang merupakan hasil fertilisasi akan membelah berulang kali, dan akan menghasilkan jaringan embrional atau jaringan meristem pada tumbuhan. Dalam pembelahan itu sel-selnya akan mengalami perubahan bentuk maupun fungsi. Proses inilah yang disebut spesialisasi. Dari jaringan embrional selanjutnya dapat dibentuk jaringan-jaringan lain. Perubahan bentuk dan susunan jaringan embrional menjadi jaringan-jaringan lain disebut proses diferensiasi.

Jaringan dimiliki oleh organisme yang telah memiliki pembagian tugas untuk setiap kelompok sel-selnya. Organisme bertalus, seperti alga ("ganggang") dan fungi ("jamur"), tidak memiliki perbedaan jaringan, meskipun mereka dapat membentuk struktur-struktur khas mirip organ, seperti tubuh buah dan sporofor. Tumbuhan lumut

dapat dikatakan telah memiliki jaringan yang jelas, meskipun ia belum memiliki jaringan pembuluh yang jelas.

### **A. Jaringan pada tumbuhan**

Jaringan tumbuhan relatif lebih homogen daripada jaringan hewan. Tumbuhan tidak memiliki kemampuan lokomosi (berpindah)/bergerak secara aktif sebagaimana hewan. Meskipun demikian, banyak sel-sel baru terbentuk untuk berbagai jaringan sebagai kompensasi banyaknya sel-sel yang mati, yang menjadi pasif karena berperan sebagai sel-sel penyimpan cadangan energi (misalnya pada buah atau umbi) atau metabolit sekunder, dan untuk mengisi jaringan baru karena tumbuhan selalu bertambah massanya, khususnya bagi tumbuhan tahunan. Jaringan yang aktif memperbanyak diri dan tidak memiliki fungsi khusus disebut jaringan meristematik, sementara jaringan yang telah mantap dengan fungsinya disebut jaringan tetap/permanen.

Pada prinsipnya jaringan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu jaringan meristem dan jaringan dewasa.

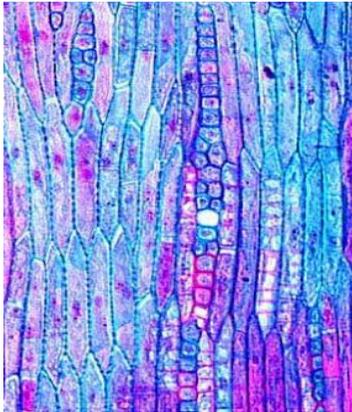
#### **1. Jaringan Meristem**

Jaringan meristem adalah jaringan muda yang selalu membelah membentuk jaringan yang lain. Jaringan meristematik terdiri dari sel-sel meristem, suatu analog dari sel-sel punca (*stem cells*) hewan. Jaringan ini dapat ditemukan pada titik-titik tumbuh di ujung batang dan akar (disebut meristem pucuk/ujung/apikal), di bawah kulit kayu (sebagai kambium gabus maupun kambium pembuluh, disebut meristem tepi/lateral), dan di tepi

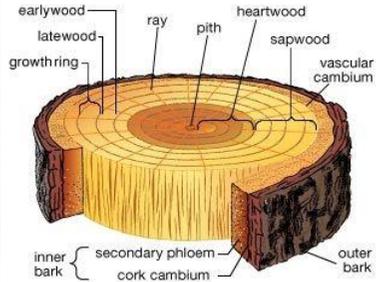
ruas atau buku, serta pada pangkal tangkai daun (meristem antara/interkalar). Jaringan ini, terutama meristem ujung, mudah diinduksi untuk diperbanyak secara *in vitro*. Dalam jargon kultur jaringan, sel-sel ini dikatakan bersifat *embrionik* ("dapat membentuk embrio"). Jaringan meristematik juga terbentuk apabila ada bagian tumbuhan yang terbuka, misalnya karena terluka. Mobilisasi beberapa fitohormon, biasanya auksin dan sitokinin, akan memicu terbentuknya sel-sel meristem yang membentuk semacam jaringan tidak terdiferensiasi yang disebut kalus.

Jaringan ini terdiri atas jaringan embrional yang belum mengalami diferensiasi. Berdasarkan asal usulnya, ada dua jenis jaringan meristem, yaitu meristem primer dan meristem sekunder. Meristem primer banyak terdapat pada ujung akar dan ujung batang, dan digunakan untuk pertumbuhan primer (pertumbuhan memanjang). Yang dimaksud meristem sekunder adalah kambium yang berfungsi untuk pertumbuhan sekunder (pertumbuhan membesar). Contoh pertumbuhan sekunder adalah semakin besarnya diameter batang pada tumbuhan dikotil karena aktivitas pembelahan kambium. Kambium membelah ke arah dalam membentuk pembuluh xilem yang berfungsi mengangkut air dan mineral dari tanah ke daun. Sedangkan pembelahan kambium ke arah luar akan menghasilkan pembuluh floem yang berfungsi mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Kelak xilem inilah yang menjadi kayu,

dan floem menjadi kulit kayu. Jadi bisa dikatakan bahwa kayu berfungsi mengangkut air dan mineral, sedangkan kulit kayu berfungsi mengangkut hasil fotosintesis.



Gambar Jaringan Meristem Pertumbuhan Sekunder



Gambar Dampak

Hasil pembelahan jaringan meristematik disebut jaringan permanen, karena tidak mengalami diferensiasi lagi.

## 2. Jaringan Permanen

Jaringan permanen dikategorikan menjadi tiga kelompok utama: epidermis (jaringan pelindung, terdiri dari sel-sel yang menyusun lapisan luar daun dan bagian-bagian tumbuhan yang masih muda), jaringan pengangkut (menyusun xilem dan floem), dan jaringan dasar (mencakup parenkim, klorenkim, kolenkim, dan sklerenkim).

- a. Epidermis melindungi bagian dalam organ sehingga tidak bersentuhan langsung dengan pengaruh keadaan di luar organ. Epidermis dapat dilindungi oleh lapisan tipis di bagian luar yang dikenal sebagai kutikula. Dapat juga ditemukan lapisan malam (*wax*). Sel-sel epidermis biasanya berbentuk segi empat apabila dilihat dari samping, berjajar homogen. Namun, epidermis dapat mengalami perubahan menjadi sel-sel penutup atau sel penjaga stomata beserta beberapa sel tetangga, trikoma (miang atau rambut daun/batang), duri, serta rambut kelenjar.
- b. Jaringan pengangkut dimiliki oleh tumbuhan berpembuluh (*Tracheophyta*). Gymnospermae memiliki jaringan trakeida, serabut trakeida, dan parenkim kayu sebagai penyusun xilem. Angiospermae memiliki tambahan jaringan trakea selain jaringan yang dimiliki Gymnospermae. Floem (pembuluh tapis) tersusun dari jaringan buluh tapis dan sel-sel pengiring.
- c. Jaringan dasar menyusun sebagian besar tubuh tumbuhan (*biomassa*). Kelompok jaringan ini memiliki banyak fungsi tergantung tempat ia berada. Seringkali ia mengisi bagian terbesar dari suatu organ, menyusun daging buah, kulit batang, isi umbi atau rimpang yang menyimpan pati atau metabolit sekunder tertentu (seperti alkaloid dan terpenoid). Jaringan ini juga dapat mengalami kematian dengan mengosongkan isi sel-selnya

untuk membentuk struktur berongga (aerenkim) seperti ruang dalam gelembung pada tangkai daun eceng gondok atau rongga dalam buluh bambu.

Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan permanen dibedakan menjadi jaringan-jaringan berikut:

a. Jaringan Pelindung

berfungsipelindungi tumbuhan dari pengaruh luar yang merugikan. Jaringan pelindung meliputi:

1) *Jaringan Epidermis* merupakan jaringan penyusun tubuh tumbuhan yang paling luar, umumnya terdiri atas selapis sel dan berfungsi untuk melindungi bagian dalam organ tumbuhan. Selain itu, berfungsi untuk mengurangi kehilangan air, penyerap air, penyimpanan air atau sebagai kelenjar.

2) *Jaringan Gabus (periderma)* dibentuk oleh kambium gabus. Jaringan gabus tersusun atas sel-sel yang mati. Pada bagian yang tidak terlindung oleh suberin terdapat lentisel yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas.

b. Jaringan dasar (parenkim)

Parenkim disebut sebagai jaringan dasar oleh karena merupakan jaringan penyusun sebagian besar organ tumbuhan. Jaringan parenkim merupakan tempat berlangsungnya aktivitas penting misalnya: fotosintesis, respirasi, penimbunan cadangan makanan, sekresi dan ekskresi.

c. Jaringan Penyokong atau Penguat

Jaringan penyokong berfungsi untuk menunjang agar tanaman dapat berdiri dengan kokoh dan kuat. Ada dua macam jaringan penyokong yaitu:

1) *Jaringan Kolenkim* adalah jaringan penunjang yang banyak terdapat pada tumbuhan muda, yang belum berkayu. Jaringan ini merupakan sel hidup dengan dinding sel mengalami penebalan selulosa.

2) *Jaringan Sklerenkim* merupakan jaringan penguat yang sel-selnya mengalami penebalan sekunder dengan lignin atau zat kayu, merupakan sel mati.

d. Jaringan Pengangkut

Berkas pengangkutan pada tumbuhan tersusun oleh jaringan xilem dan floem. Xilem berfungsi sebagai saluran pengangkut air dan zat hara dari akar ke bagian lain dari tumbuhan. Sedangkan floem berfungsi sebagai pengangkut hasil asimilasi dari daun ke tempat-tempat penyimpanan cadangan makanan dan bagian-bagian tumbuhan yang memerlukan.

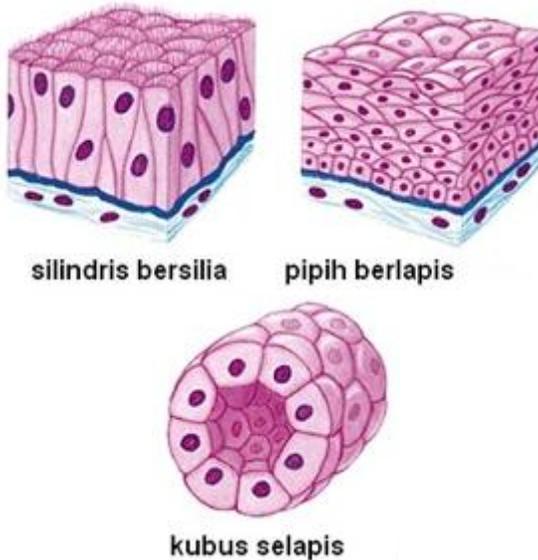
## **B. Jaringan pada hewan**

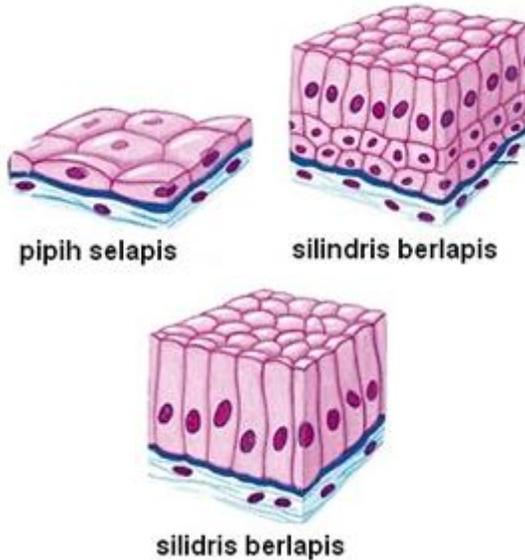
Jaringan pada hewan termasuk manusia dan organisme multiseluler tingkat rendah seperti artropoda umumnya

sama, terdiri atas: jaringan epitel, jaringan otot, jaringan saraf, jaringan penguat, dan jaringan lemak.

### 1. Jaringan Epitel

Jaringan epitel adalah jaringan yang melapisi permukaan tubuh atau organ tubuh, baik permukaan dalam maupun permukaan luar. Epitel yang melapisi permukaan dalam dari saluran disebut endotelium. Jaringan epitel ini pun bermacam-macam dilihat dari bentuk, susunan, dan fungsinya.





Gambar Jaringan Epitel dengan Berbagai Bentuk

### Macam-macam sel epitel

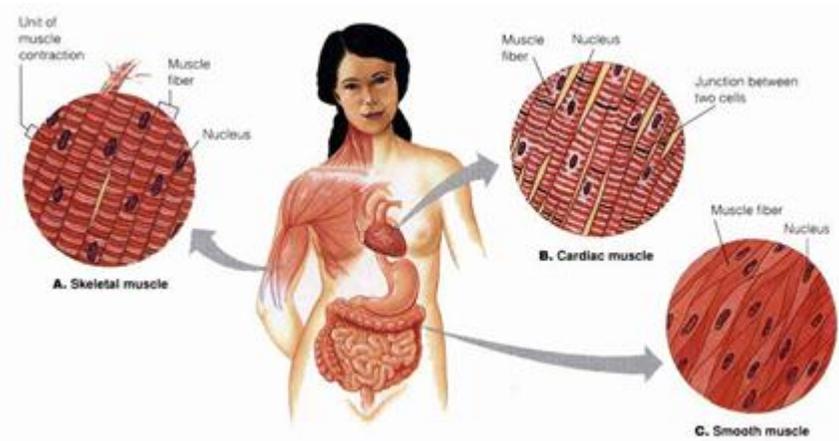
- a. Berdasarkan bentuk dan susunannya
  - 1) Epitel berlapis tunggal, terdiri atas:
    - a) Epitel pipih berlapis tunggal: misalnya, epitel peritornium dan epitel pembuluh darah.
    - b) Epitel kubus berlapis tunggal: terdapat pada kelenjar ludah dan kelenjar tiroid.
  - 2) Epitel silindris berlapis tunggal: misalnya terdapat pada ventrikulus (lambung) dan intestinum (usus).
  - 3) Epitel berlapis banyak, terdiri atas:

- a) Epithel pipih berlapis banyak: misalnya, yang melapisi rongga mulut dan rongga hidung.
  - b) Epithel silindris berlapis banyak: misalnya epithel yang terdapat pada kerongkongan.
  - c) Epithel kubus berlapis banyak: misalnya epithel yang membentuk kelenjar.
- 4) Epithel silindris bersilia: misalnya, yang melapisi saluran pernapasan (trakhea) dan saluran sperma.
- 5) Epithel transisional: misalnya epithel yang melapisi bagian dalam kandung kemih.
- b. Berdasarkan fungsinya
- 1) Sebagai pelindung/proteksi: epithel yang berperan sebagai penutup sekaligus sebagai pelindung jaringan yang terdapat di sebelah bawahnya.
  - 2) Sebagai kelenjar:
    - a) Kelenjar eksokrin: menghasilkan getah yang dialirkan melalui saluran, misalnya: kelenjar keringat dan kelenjar air liur.
    - b) Kelenjar endokrin/kelenjar buntu: menghasilkan getah yang langsung dialirkan ke darah secara difusi. Misalnya, kelenjar adrenal, kelenjar tiroid, dan lain-lain.
  - 3) Penerima rangsangan (reseptor); misalnya, epithel yang terdapat di sekitar indera. Epithel yang bertugas menerima rangsangan disebut epithel sensori/neuroepitelium.

- 4) Pintu gerbang lalu-lintas zat. Sebagai contoh:
- epitel pada alveolus untuk masuk/keluarnya CO<sub>2</sub>;
  - epitel usus untuk pemasukan sari makanan;
  - epitel nefron untuk lewatnya urine primer.

## 2. Jaringan Otot

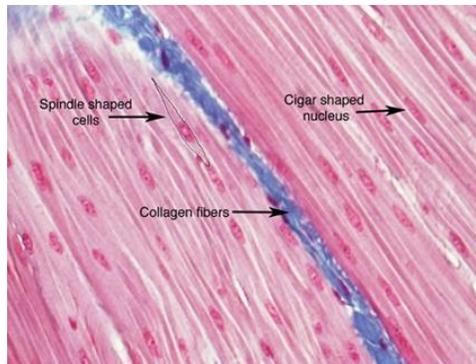
Jaringan otot adalah kumpulan sel otot yang berfungsi melakukan gerak pada berbagai bagian tubuh. Di dalamnya terdapat protein kontraktile yang membuat otot dapat berkontraksi. Bentuknya panjang-panjang dan mengandung serabut-serabut halus yang disebut miofibril.



Jaringan otot dibedakan menjadi tiga macam: otot polos, otot lurik, dan otot jantung. Otot lurik dan otot jantung lebih banyak mengandung protein kontraktile dibandingkan dengan otot polos.

a. Otot polos

Tersusun atas sel-sel berbentuk kumparan halus, masing-masing dengan satu nukleus di tengah, berbentuk oval dan mempunyai fibril-fibril homogen. Sel-sel tersebut tersusun atas lapisan-lapisan yang diikat dengan jaringan ikat fibrosa. Biasanya terdapat pada alat-alat dalam tubuh hewan vertebrata, misalnya pada dinding saluran pencernaan, pembuluh darah, dan sebagainya.

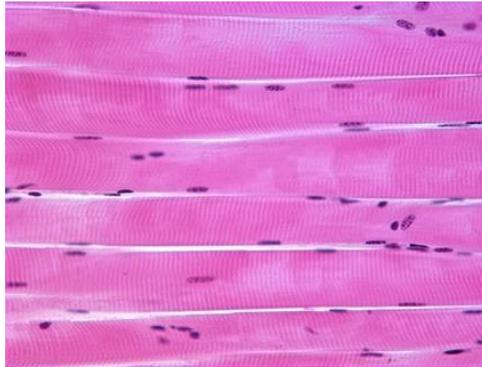


Gambar Otot Polos

b. Otot lurik (otot rangka)

Disebut juga otot serat lintang. Jaringan otot lurik terdiri atas susunan serabut otot yang disebut fibril. Fibril tersusun atas miofibril. Sel otot berkumpul membentuk kumpulan sel, yang selanjutnya bersatu membentuk otot atau daging. Miofibril diselubungi oleh retikulum sarkoplasma. Serabut otot tersusun atas aktin dan miosin. Jenis otot ini bekerja di

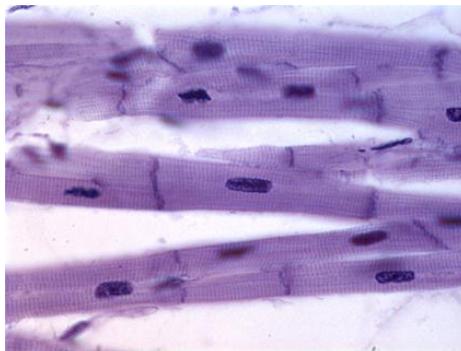
bawah pengaruh kesadaran, sehingga disebut otot volunter.



Gambar Otot Lurik

c. Otot jantung (*miokardium*)

Juga terdiri atas serabut otot serat lintang, tetapi antara sel-sel yang berdampingan, membran selnya beranyaman membentuk percabangan. Hubungan percabangan semacam ini disebut cakram interkalar. Otot jantung disebut juga otot lurik involunter.



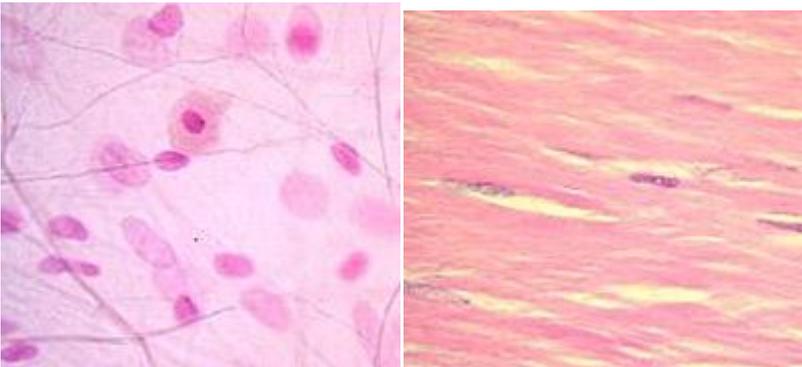
Gambar Otot Jantung

### 3. Jaringan penguat/penyokong

Yang termasuk jaringan penguat (penunjang) ialah jaringan ikat, jaringan tulang, jaringan tulang rawan, serta jaringan darah dan getah bening yang merupakan jaringan ikat istimewa.

#### a. Jaringan ikat

Yaitu jaringan yang tersusun atas sel-sel yang tidak begitu rapat, dan diantaranya terdapat matriks atau zat sela. Bila matriksnya longgar, maka jaringan itu disebut jaringan ikat longgar. Bila matriksnya rapat dan sedikit mempunyai lubang yang sempit, maka disebut jaringan ikat padat.



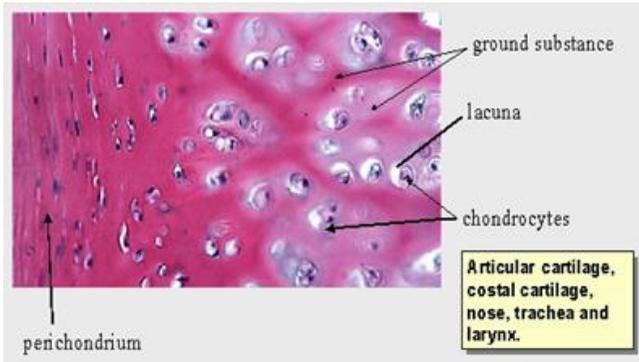
Gambar Jaringan Ikat Longgar    Gambar Jaringan Ikat Padat

#### b. Jaringan tulang rawan (kartilago)

Terdiri atas sel-sel yang banyak mengeluarkan matriks atau zat serta yang disebut kondrin. Jaringan tulang rawan pada anak berasal dari jaringan ikat embrional (mesenkim). Sedangkan tulang rawan pada orang dewasa dibentuk oleh selaput tulang rawan (perikondrium) yang banyak

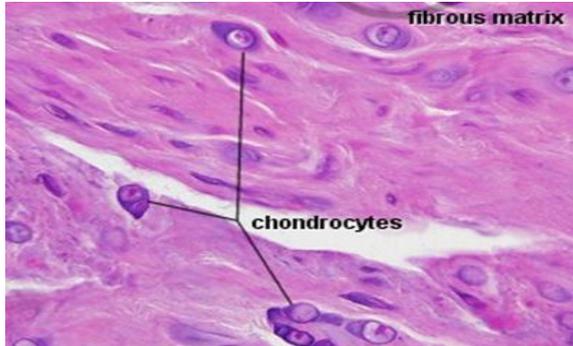
mengandung sel membentuk tulang rawan atau kondroblast. Jaringan tulang rawan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- 1) kartilago hialin, apabila matriksnya jernih dan transparan. Contohnya antara lain yang terdapat pada ujung tulang rusuk yang melekat pada tulang dada dan pada tulang rawan trakea.



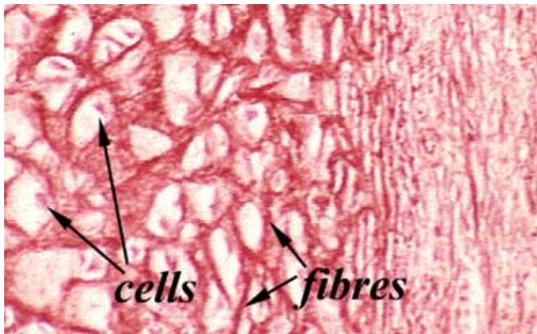
Gambar Kartilago Hialin

- 2) kartilago elastis, apabila matriksnya sedikit keruh kekuning-kuningan serta banyak mengandung serabut kolagen yang berstruktur jala. Contohnya antara lain: pada dinding saluran pernafasan dan pada daun telinga luar.



Gambar Kartilago Elastis

- 3) kartilago fibrosa, apabila matriksnya keruh dan gelap, serta serabut kolagennya membentuk satu berkas dan tersusun sejajar. Contohnya antara lain terdapat pada perlekatan ligamen-ligamen tertentu ke tulang.

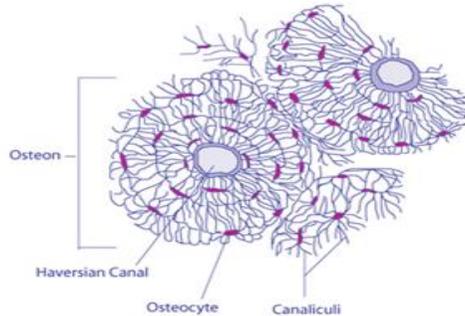
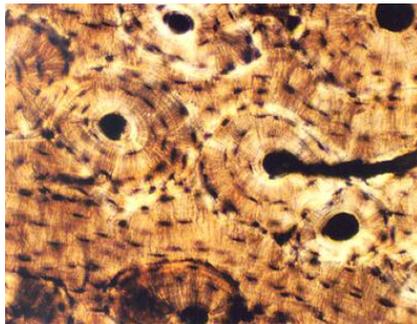
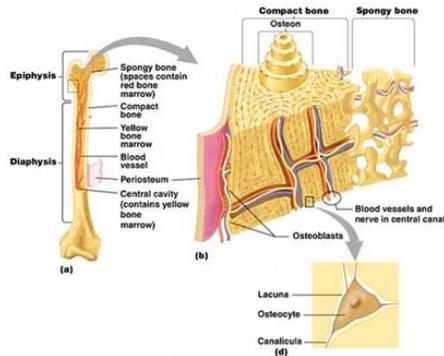


Gambar Kartilago Fibrosa

c. Jaringan tulang keras

Tersusun atas sel-sel tulang atau osteon. Matriksnya banyak mengandung zat perekat kolagen dan zat kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang menyebabkan tulang menjadi keras. Berdasarkan susunan matriksnya, jaringan

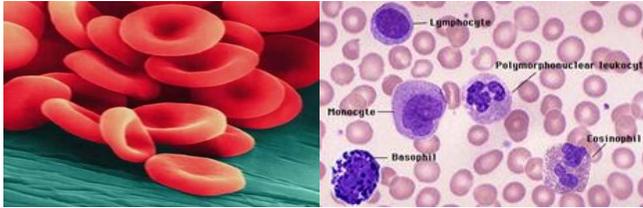
tulang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: jaringan tulang kompak/keras, apabila matriksnya rapat dan jaringan tulang spons, apabila matriksnya berongga.



Gambar Penampang Melintang Mikroskopis Jaringan Tulang Keras

d. Jaringan darah dan getah bening (limfe)

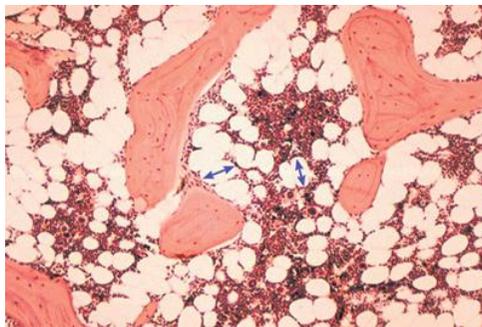
Jaringan darah dan getah bening dianggap sebagai jaringan penguat istimewa, karena terdiri atas sel-sel darah yang terendam di dalam suatu cairan yang dianggap sebagai matriksnya.



Gambar Eritrosit Gambar Berbagai Bentuk Leukosit

4. Jaringan Lemak

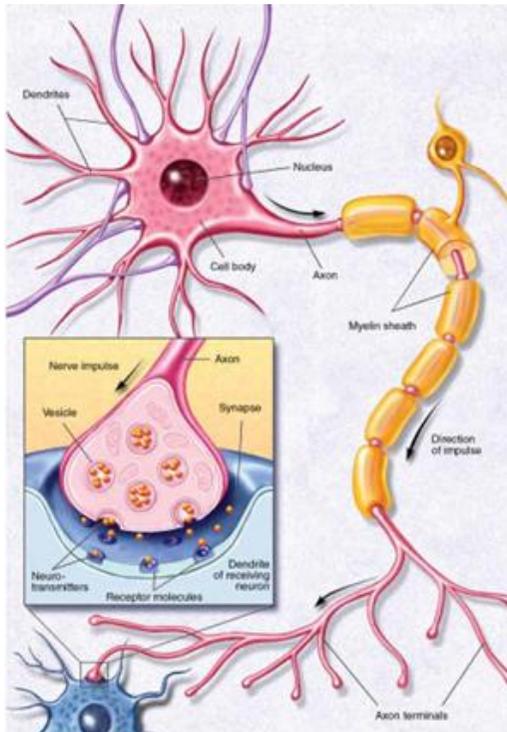
Terdiri atas sel-sel lemak yang berisi tetes-tetes lemak. Umumnya terdapat di bawah kulit yang berfungsi sebagai bantalan lemak, juga merupakan cadangan makanan dan berfungsi sebagai pelindung jaringan-jaringan di bawahnya.



Gambar Jaringan Lemak (Adiposa):  
contoh lemak putih

## 5. Jaringan Saraf

Jaringan saraf dibentuk oleh sel-sel saraf atau neuron. Satu neuron dibentuk oleh badan sel, dendrit, dan akson. Dendrit berfungsi menerima rangsang dari neuron lain, dan akson berfungsi meneruskan rangsang tersebut ke neuron berikutnya. Ujung neuron yang satu dengan ujung neuron lainnya saling berhubungan. Hubungan antara ujung-ujung neuron ini disebut sinapsis. Pada bagian-bagian tertentu dari akson, selaput mielin menggingting, disebut nodus Ranvier.



Gambar sebuah sel saraf (neuron)

Ada tiga macam jenis neuron:

- neuron sensorik, meneruskan rangsang dari reseptor (indera) ke otak
- neuron motorik, meneruskan rangsang dari otak ke efektor (otot atau kelenjar), dan
- neuron konektor, meneruskan rangsang antar neuron, umumnya berperan dalam gerak refleks (neuron ini sering juga disebut neuron ajutor atau interneuron).

### **C. Organ, Sistem Organ dan Fungsinya**

Organ adalah kumpulan berbagai macam jaringan yang melakukan satu tugas atau lebih secara bersama-sama. Organ tubuh merupakan susunan yang rumit dan dalam menjalankan fungsinya merupakan satu kesatuan.

#### **1. Organ pada Tumbuhan**

Organ pada tumbuhan berbeda dengan organ hewan atau manusia. Organ tumbuhan meliputi organ pokok yaitu akar, batang dan daun, serta organ turunan yaitu bunga, buah, dan biji.

##### **a. Akar**

Akar merupakan organ tumbuhan yang berfungsi untuk menyerap air dan unsur-unsur hara serta untuk menopang tegaknya tubuh-tumbuhan. Pada monokotil dan dikotil mengadakan diferensiasi menjadi jaringan penyusun akar yaitu epidermis, korteks, endodermis, dan stele. Stele terdiri dari perisikel, xilem, dan floem.

b. Batang

Batang merupakan hasil perkembangan bakal batang(kaulikula) pada tembaga. Fungsi batang antara lain:

- mendukung bagian daun, bunga, buah, dan biji,
- percabangannya memperluas permukaan bidang asimilasi,
- sebagai jalan untuk pengangkutan

c. Daun

Daun adalah modifikasi dari batang yang merupakan bagian tubuh tumbuhan yang paling banyak mengandung klorofil. Daun berfungsi untuk berfotosintesis, asimilasi, respirasi, transpirasi dan gutasi.

d. Bunga

Bunga (flos) merupakan alat reproduksi seksual yang akan menghasilkan buah berbiji, dan berasal dari turunan tunas batang dan daun.

2. Organ Hewan dan Manusia

Organ pada hewan dan manusia antara lain mata, jantung, ginjal, paru-paru, kulit, hati, telinga, dan lambung. Berikut beberapa contoh:

- Mata (Indra Penglihatan) adalah organ indra yang memiliki reseptor peka cahaya yang disebut dengan fotoreseptor. Mata tersusun atas jaringan retina, otot, dan saraf. Mata berfungsi untuk melihat objek atau benda.

- Jantung tersusun atas beberapa jaringan, antara lain jaringan otot, ikat, dan saraf. Jantung berfungsi sebagai pemompa darah.
- Ginjal tersusun atas beberapa jaringan, antara lain jaringan korteks dan epitel. Ginjal berfungsi sebagai alat pembuangan. Pada ginjal berlangsung proses pembentukan urine.
- Paru-paru tersusun atas beberapa jaringan, antara lain jaringan ikat dan epitel. Paru-paru berfungsi sebagai alat pernapasan. Selain itu, paru-paru juga sebagai alat ekskresi tubuh.
- Telinga tersusun atas jaringan tulang, otot, epitel, dan saraf. Telinga berfungsi sebagai alat pendengaran dan keseimbangan tubuh.
- Kulit tersusun atas beberapa jaringan, antara lain jaringan otot, epitel, dan saraf. Kulit berfungsi sebagai pelindung tubuh bagian luar dan pengatur suhu.
- Hati tersusun atas beberapa jaringan, antara lain jaringan ikat dan otot. Hati berfungsi sebagai penawar racun yang masuk ke dalam tubuh bersama makanan.
- Lambung tersusun atas beberapa jaringan, antara lain jaringan ikat, otot, dan epitel. Lambung sebagai alat pencernaan makanan.

Sistem organ merupakan kumpulan beberapa organ yang saling bekerja sama untuk melaksanakan fungsi-fungsi tertentu pada tubuh makhluk hidup.

## 1. Sistem organ pada tumbuhan

Sistem organ pada tumbuhan umumnya terdiri atas:

- Sistem pengangkutan, meliputi organ pembuluh kayudan pembuluh tapis yang terdapat pada berkas pembuluh yang terletak di akar, batang, dan daun.
- Sistem pernafasan, meliputi organ stomata (mulut daun) dan pembuluh pengangkut.
- Sistem reproduksi, meliputi organ putik, benang sari, bakal buah dan biji.

## 2. Sistem organ pada hewan dan manusia

Sistem organ pada hewan dan manusia terdiri atas sistem-sistem sebagai berikut:

- a. Sistem penafasan berfungsi untuk memperoleh oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida melalui proses pertukaran gas. Organ-organ pernafasan meliputi hidung, faring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, dan paru-paru.
- b. Sistem transportasi berfungsi untuk mengangkut zat-zat yang tidak berguna bagitubuh dan mengeluarkan zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh. Organ peredaran darah adalah jantung dan pembuluh darah.
- c. Sistem pengeluaran zat sisa (ekskresi) berfungsi untuk mengeluarka sisa-sisa metabolisme yang bila tidak dikeluarkan dari tubuh dapat bersifat sebagai racun.
- d. Sistem pencernaan berfungsi mengubah makanan dari bentuk kasar menjadi zat makanan yang dapat

diserap oleh usus. Sistem pencernaan meliputi organ mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus.

- e. Sistem koordinasi berfungsi mengatur dan mengkoordinasikan segala aktivitas tubuh. Sistem koordinasi terbagi 2 yaitu sistem saraf dan sistem hormon. Pada sistem saraf reaksi terhadap rangsangan relatif cepat, sedangkan pada sistem hormon reaksinya lebih lambat tetapi teratur dan berurutan dalam waktu yang lama, meliputi organ saraf dan otak.
- f. Sistem gerak terdiri atas otot dan rangka. Otot merupakan alat gerak aktif. Gerakan tersebut disebabkan karena kerjasama antara otot dan tulang. Tulang tidak dapat berfungsi sebagai alat gerak jika tidak digerakkan oleh otot. Otot mampu menggerakkan tulang karena mempunyai kemampuan berkontraksi.
- g. Sistem reproduksi berfungsi untuk perkembangbiakan. Pada wanita terdiri atas organ ovarium yang menghasilkan ovum (telur), sedangkan pada laki-laki berupa testis sebagai penghasil sperma. Ovarium dan testis juga menghasilkan hormon-hormon kelamin seperti progesteron, testosteron dan estrogen.

# BAB V

## PRINSIP DASAR FISILOGI

Fisiologi merangkumi kajian berkenaan fungsi biologi diperingkat molekul, sel dan juga pada berbagai sistem organ dan organisme secara keseluruhan. Fisiologi merupakan salah satu dari cabang-cabang biologi yang berhubungan dengan bagaimana kehidupan berfungsi secara fisik dan kimiawi. Istilah fisiologi dibentuk dari kata Yunani berupa *physis* berarti alam dan *logos* berarti cerita. Fisiologi menggunakan berbagai metode ilmiah untuk mempelajari biomolekul, sel, jaringan, organ, sistem organ, dan organisme secara keseluruhan menjalankan fungsi fisik dan kimiawinya untuk mendukung kehidupan.

Kajian mengenai fisiologi dimulai pada abad ke-17, ketika ahli anatomi William Harvey menjelaskan adanya sirkulasi darah. Herman Boerhaave sering disebut sebagai bapak fisiologi karena karyanya berupa buku teks berjudul *Institutiones Medicae* (1708) dan cara mengajarnya yang cemerlang di Leiden. Dengan mengetahui mengenai ilmu fisiologi secara tidak langsung kita telah mengetahui apa itu dasar-dasar ilmu fisiologi.

Fisiologi dibagi menjadi fisiologi tumbuhan dan fisiologi hewan. Akan tetapi, pada dasarnya prinsip fisiologi tetaplah bersifat universal atau tidak bergantung pada jenis organisme yang dipelajari.

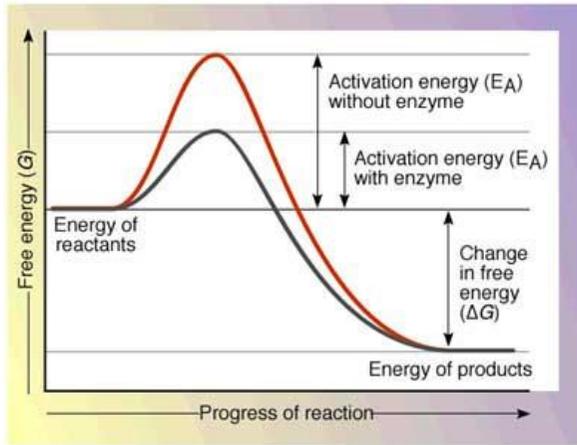
## A. Metabolisme

Metabolisme berasal dari kata Yunani berupa *metabole* yang berarti berubah. Metabolisme mengandung arti suatu sifat baru dari kehidupan, yang muncul dari interaksi spesifik antara molekul-molekul di dalam lingkungan sel yang teratur dengan baik atau serangkaian reaksi kimia yang terjadi di dalam sel beserta perubahannya. Apabila metabolisme tidak berlangsung maka aktivitas di dalam sel tersebut terhenti. Metabolisme juga berperan mengubah zat yang beracun menjadi senyawa yang tak beracun dan dapat dikeluarkan dari tubuh. Proses ini disebut detoksifikasi.

Metabolisme adalah suatu reaksi kimia yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup (reaksi biokimia). Pengertian ini mencakup dua hal yaitu katabolisme dan anabolisme. Untuk berlangsungnya dua reaksi tersebut diperlukan suatu aktivator yaitu enzim.

### 1. Enzim

Enzim adalah suatu biokatalisator, yaitu suatu bahan yang berfungsi mempercepat reaksi kimia dalam tubuh makhluk hidup tetapi zat itu sendiri tidak ikut bereaksi karena pada akhir reaksi terbentuk kembali. Suatu reaksi kimia yang berlangsung dengan bantuan enzim memerlukan energi yang lebih rendah. Jadi enzim juga berfungsi menurunkan energi aktivasi.



Gambar Enzim berfungsi Menurunkan Energi Aktivasi

## 2. Struktur enzim

Suatu enzim (holoenzim) tersusun atas bagian protein dan bukan protein. Bagian protein disebut apoenzim, dan bagian non protein disebut kofaktor. Kofaktor dapat berupa ion logam (Cu, Mg, K, Fe, Na), atau koenzim yang berupa bahan organik, misalkan vitamin B (B1, B2).

## 3. Sifat-sifat enzim

Sebagai suatu bahan yang penting dalam metabolisme, enzim memiliki sifat-sebagai berikut:

- kerja enzim bersifat spesifik/khusus, artinya bahwa satu enzim hanya dapat bekerja pada satu substrat
- enzim bekerja pada suhu tertentu
- enzim berkerja pada derajat keasaman (pH) tertentu

- kerja enzim dapat bolak-balik, artinya selain dapat memecah substrat juga dapat membentuk substrat dari penyusunnya

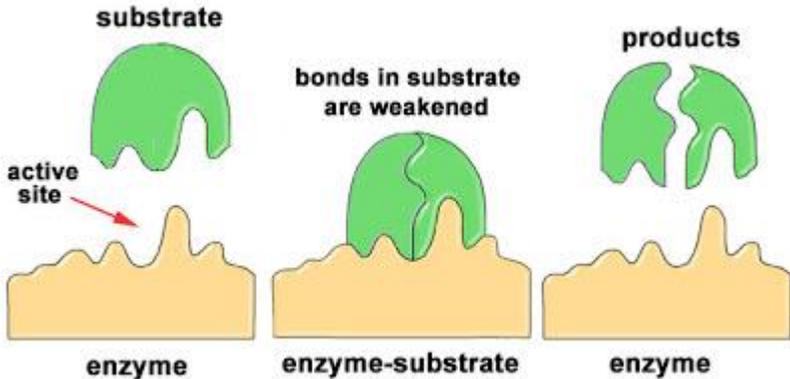
4. Hal-hal yang dapat mempengaruhi kerja enzim

Hal yang mempengaruhi kerja enzim diantaranya:

- suhu
- derajat keasaman (pH)
- konsentrasi enzim
- jenis substrat
- penimbunan hasil akhir
- pengaruh aktivator/penggiat
- pengaruh inhibitor/penghambat

5. Cara kerja enzim

Enzim bekerja berdasar prinsip ‘kunci dan anak kunci’ (*lock and key*). Pada salah satu sisi enzim terdapat tempat aktif yang memiliki bentuk yang dapat berpasangan tepat sama dengan bentuk permukaan substrat. Akibatnya satu enzim hanya dapat digunakan untuk satu jenis substrat.



Gambar Enzim bekerja berdasar prinsip 'kunci dan anak kunci' (*lock and key*)

## B. Anabolisme

Anabolisme merupakan reaksi yang bersifat menyusun suatu ikatan kimia yang sederhana menjadi senyawa kompleks. Proses ini membutuhkan energi dari luar. Energi yang digunakan dalam reaksi ini dapat berupa energi cahaya ataupun energi kimia. Energi tersebut, selanjutnya digunakan untuk mengikat senyawa-senyawa sederhana tersebut menjadi senyawa yang lebih kompleks. Jadi, dalam proses ini energi yang diperlukan tersebut tidak hilang, tetapi tersimpan dalam bentuk ikatan-ikatan kimia pada senyawa kompleks yang terbentuk. Anabolisme disebut juga sintesis, merupakan proses penyusunan bahan anorganik menjadi bahan organik. Dalam peristiwa ini diperlukan masukan energi (reaksi endergonik).

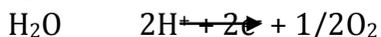
Contoh dari anabolisme adalah fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses penyusunan bahan organik (karbohidrat) pada tumbuhan berklorofil dari  $H_2O$  dan  $CO_2$

dengan bantuan energi cahaya. Reaksi fotosintesis juga merupakan reaksi redoks. Organela yang berperan dalam fotosintesis adalah kloroplas. Proses fotosintesis yang terjadi di kloroplas berlangsung melalui dua tahap reaksi, yaitu:

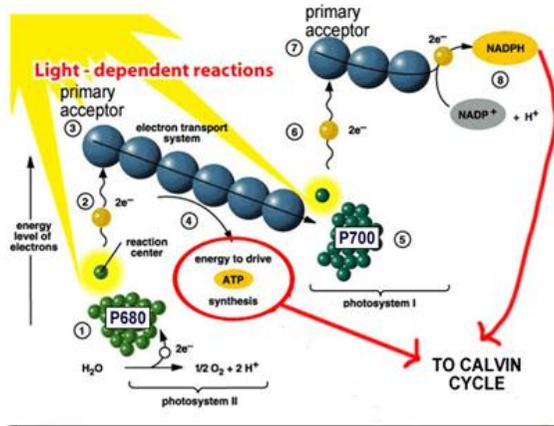
### 1. Reaksi Terang

Reaksi terang merupakan tahap fotosintesis yang memerlukan cahaya. Reaksi terang berlangsung di dalam membran tilakoid dan termasuk molekul-molekul dari dua fotosistem dan rantai transpor elektron, pada reaksi ini terjadi penangkapan energi cahaya. Kemudian reaksi terang ini mengubah energi cahaya menjadi energi kimiawi yang berupa ATP dan NADPH. Reaksi terang menguraikan  $H_2O$  dan melepaskan  $O_2$ .

Proses yang terjadi pada reaksi terang yaitu; Hidrolisis air menghasilkan oksigen dan elektron. Reaksinya sebagai berikut.



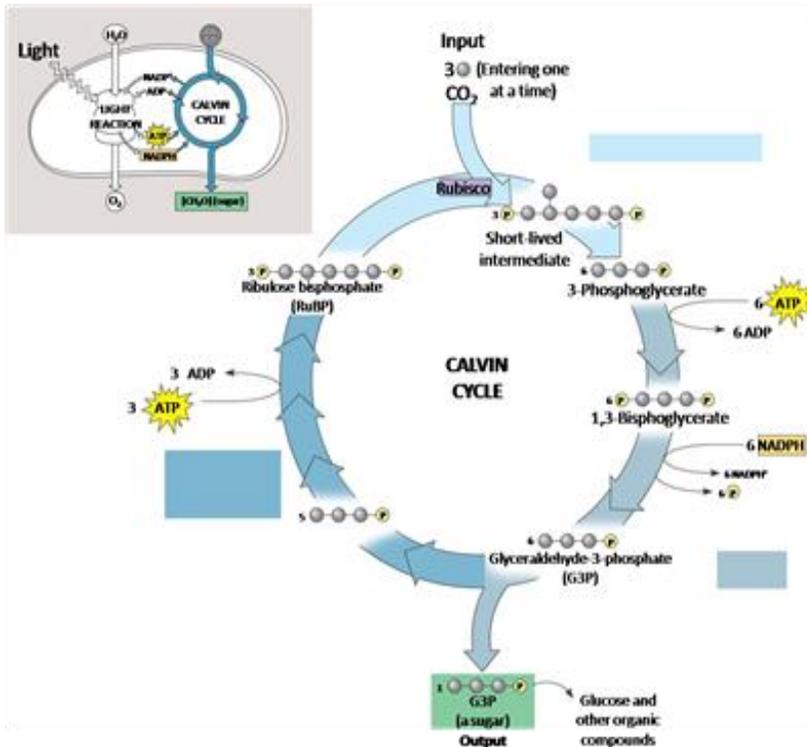
Klorofil menyerap energi cahaya sehingga menghasilkan elektron. Fotofosforilasi siklik dan nonsiklik.



Gambar Reaksi Terang

## 2. Reaksi gelap

Reaksi gelap terjadi di stroma kloroplas dan reaksi ini tidak memerlukan cahaya. Energi-energi yang berupa NADPH dan ATP akan mengubah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) menjadi gula atau sukrosa melalui mekanisme Siklus Calvin atau fiksasi karbon. Dengan menggunakan NADPH dan ATP pada Siklus Calvin,  $\text{CO}_2$  akan memproduksi triose phosphate (triose-P). Triose-P tersebut sebagian besar akan dikeluarkan dari kloroplas menuju sitosol untuk memproduksi sukrosa.



Gambar Siklus Calvin (Reaksi Gelap)

Reaksi gelap merupakan tahap fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya. Proses yang berlangsung pada stroma ini memerlukan bahan yang dibentuk pada reaksi terang yaitu NADPH dan ATP, serta CO<sub>2</sub> dari udara. Reaksi dimulai dari pengikatan CO<sub>2</sub> oleh ribulosa difosfat (RDP) dan pada akhir siklus dibentuk fosfogliseraldehid (PGAL) yang kemudian diubah menjadi glukosa

### C. Katabolisme

Katabolisme adalah reaksi yang bersifat memecahkan ikatan kimia yang kompleks menjadi ikatan kimia yang lebih sederhana. Semua reaksi tersebut dikatalisis oleh enzim, baik oleh reaksi yang sederhana maupun reaksi yang rumit. Tujuan utama katabolisme adalah untuk membebaskan energi yang terkandung di dalam senyawa sumber. Katabolisme disebut juga respirasi, merupakan proses pemecahan bahan organik menjadi bahan anorganik dan melepaskan sejumlah energi (reaksi eksergonik). Energi yang lepas tersebut digunakan untuk membentuk adenosin trifosfat (ATP), yang merupakan sumber energi untuk seluruh aktivitas kehidupan.

Pada prinsipnya katabolisme merupakan reaksi reduksi-oksidasi (redoks), karena itu dalam reaksi tersebut diperlukan akseptor elektron untuk menerima elektron dari reaksi oksidasi bahan organik. Akseptor elektron tersebut diantaranya adalah: NAD (nikotinamida adenin dinukleotida), FAD (flavin adenin dinukleotida), Ubiquinon, Sitokrom, Oksigen.

Contoh katabolisme adalah sebagai berikut respirasi. Respirasi merupakan suatu proses penghasilan energi yang diperlukan untuk memecah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, utamanya molekul gula sederhana menjadi karbondioksida dan uap air serta energi. Respirasi dilakukan oleh semua sel penyusun makhluk hidup, baik sel-sel tumbuhan, bakteri, protista, cendawan, maupun sel hewan dan manusia.

Respirasi ada 2 macam, yaitu:

1. Respirasi Aerob

Respirasi aerob adalah proses pembebasan energi yang memerlukan oksigen Respirasi aerob memiliki empat tahap, yaitu :

a. Glikolisis

Glikolisis adalah serangkaian reaksi enzimatik yang memecah glukosa (terdiri dari 6 atom C) menjadi asam piruvat (terdiri dari 3 atom C). Jalur pertama yang digunakan glukosa untuk menghasilkan energi dinamakan glikolisis, terjadi dalam sitoplasma sel secara anaerob (tidak membutuhkan oksigen). Glikolisis berlangsung di sitosol, merupakan proses pemecahan molekul glukosa yang memiliki 6 atom C menjadi dua molekul asam piruvat yang memiliki 3 atom C. Reaksi yang berlangsung di sitosol ini menghasilkan 2 NADH dan 2 ATP.

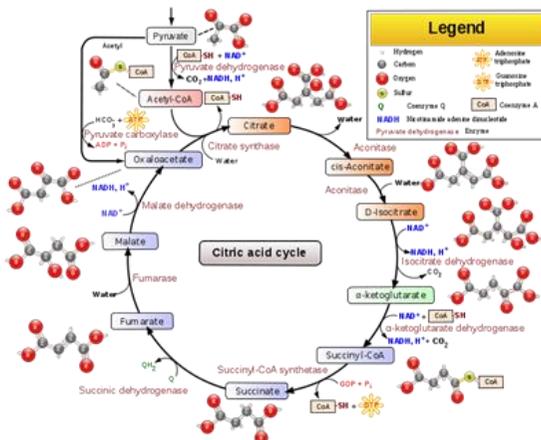
b. Dekarboksilasi Asam Piruvat

Piruvat akan diubah menjadi asetil KoA. Asetil KoA adalah ikatan yang terdiri atas dua ikatan C (asetat) yang terkait pada satu molekul KoA. Jadi, perubahan piruvat menjadi asetil KoA terjadi secara aerob. Dekarboksilasi oksidatif berlangsung di matriks mitokondria, sebenarnya merupakan langkah awal untuk memulai langkah ketiga, yaitu daur Krebs. Pada langkah ini 2 molekul asam piruvat yang terbentuk pada glikolisis masing-masing diubah menjadi Asetil-KoA (asetil koenzim A) dan menghasilkan 2 NADH.

c. Siklus Krebs

Siklus Krebs dinamakan juga siklus TCA karena melibatkan asam sitrat dengan tiga gugus karboksil (COOH). Siklus krebs merupakan serangkaian reaksi metabolisme yang mengubah asetil koA yang direaksikan dengan asam oksaloasetat (4C) menjadi asam sitrat (6C). Pada siklus Krebs dihasilkan energi dalam bentuk ATP dan molekul pembawa hidrogen, yaitu : NADH, FADH<sub>2</sub> dan GTP.

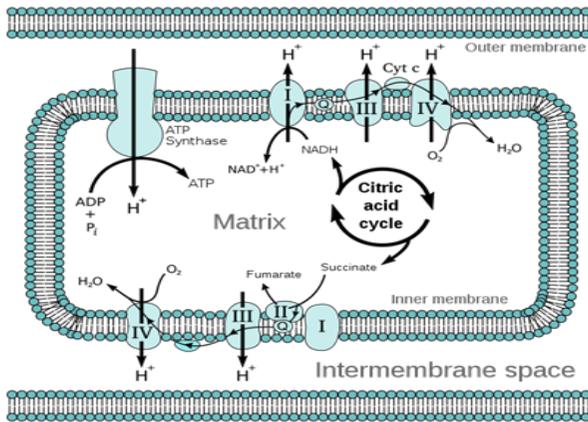
Daur Krebs yang berlangsung di matriks mitokondria disebut juga daur asam sitrat atau daur asam trikarboksilat dan berlangsung pada matriks mitokondria. Asetil-KoA yang terbentuk pada dekarboksilasi oksidatif, memasuki daur ini. Pada akhir siklus dihasilkan 6 NADH, 2 FADH, dan 2 ATP. (lihat skema di bawah)



Gambar Siklus Krebs

d. Transport Elektron

Transport elektron adalah suatu seri reaksi yang menggunakan oksigen untuk mengubah molekul-molekul NADH dan FADH<sub>2</sub> menjadi NAD dan FAD, air dan ATP yang berada di membran mitokondria. Rantai transport elektron berlangsung pada krista mitokondria. Prinsip dari reaksi ini adalah: setiap pemindahan ion H<sup>+</sup> (elektron) yang dilepas dari dua langkah pertama tadi antar akseptor dihasilkan energi yang digunakan untuk pembentukan ATP.



Gambar Transfer Elektron

Setiap satu molekul NADH yang teroksidasi menjadi NAD akan melepaskan energi yang digunakan untuk pembentukan 3 molekul ATP. Sedangkan oksidasi FADH menjadi FAD, energi yang lepas hanya bisa digunakan untuk membentuk 2 ATP. Jadi, satu mol glukosa yang mengalami proses respirasi dihasilkan

total 38 ATP. Tabel berikut menjelaskan perhitungan pembentukan ATP per mol glukosa yang dipecah pada proses respirasi.

Proses	ATP	NADH	FADH
Glikolisis	2	2	-
Dekarboksilasi oksidatif	-	2	-
Daur Krebs	2	6	2
Rantai transpor elektron	34	-	-
Total	38	10	2

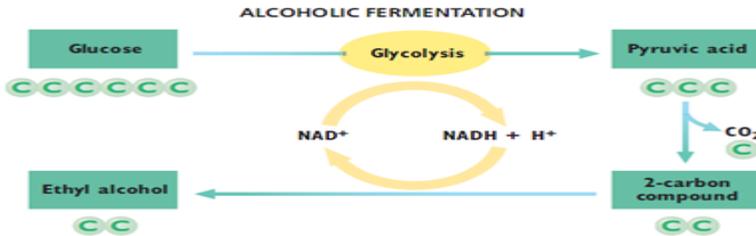
## 2. Respirasi Anaerob

Respirasi anaerob adalah proses pembebasan energi yang tidak menggunakan oksigen. Contoh respirasi anaerob adalah fermentasi. Oksigen diperlukan dalam respirasi aerob sebagai penerima H yang terakhir dan membentuk H<sub>2</sub>O. Bila berlangsung aktivitas respirasi yang sangat intensif seperti pada kontraksi otot yang berat akan terjadi kekurangan oksigen yang menyebabkan berlangsungnya respirasi anaerob. Contoh respirasi anaerob adalah fermentasi asam laktat pada otot, dan fermentasi alkohol yang dilakukan oleh jamur *Sacharromyces* (ragi).

Fermentasi dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol terjadi pada proses pembuatan tapai dan anggur. Fermentasi alkohol dilakukan oleh jamur ragi.



Gambar Fermentasi Alkohol

Pada fermentasi alkohol asam piruvat diubah menjadi asetaldehid yang kemudian menerima H dari NADH sehingga terbentuk etanol. Reaksi ini juga menghasilkan 2 ATP.



NAD + E

(asam piruvat)

(asetaldehid)

(etanol)

b. Fermentasi Asam Laktat

Fermentasi asam laktat terjadi pada otot manusia saat melakukan kerja keras dan persediaan oksigen kurang mencukupi.



# **BAB VI**

## **KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP**

Keanekaragaman hayati dapat terjadi pada semua makhluk hidup atau organisme dalam berbagai tingkat kehidupan, mulai dari organisme tingkat rendah sampai organisme tingkat tinggi. Tidak hanya memiliki perbedaan, setiap makhluk hidup juga memiliki persamaan yang disebut juga keseragaman. Dari keseragaman inilah dapat diciptakan suatu pengelompokan makhluk hidup atau klasifikasi oleh para ahli. Dengan adanya klasifikasi ini memudahkan dalam pembelajaran dan penelitian mengenai keanekaragaman.

Indonesia termasuk negara yang memiliki keanekaragaman yang tinggi. Wilayah Indonesia hanya mencakup 1,3 % permukaan bumi, tetapi di dalamnya terkandung salah satu keanekaragaman hayati yang paling tinggi di dunia yaitu 10 % dari semua tumbuhan berbunga, 12% dari jenis mamalia, 16 % dari jenis reptilia dan amfibi, 17% dari jenis burung dan seperempat jenis ikan air tawar dan air laut. Kekayaan hayati yang sangat tinggi ini bukan hanya sebuah warisan alam yang kita miliki, tetapi juga sebagai sistem pendukung kehidupan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

### **A. Keanekragaman Hayati**

Keanekaragaman hayati (biodiversitas) adalah keanekaragaman organisme yang menunjukkan keseluruhan variasi gen, jenis, dan ekosistem pada suatu

daerah. Keanekaragaman hayati melingkupi berbagai perbedaan atau variasi bentuk, penampilan, jumlah, dan sifat-sifat yang terlihat pada berbagai tingkatan, baik tingkatan gen, tingkatan spesies, maupun tingkatan ekosistem. Secara sederhana dikatakan bahwa keanekaragaman hayati adalah semua jenis perbedaan antar makhluk hidup.

Berdasarkan hal tersebut, para pakar membedakan keanekaragaman hayati menjadi tiga tingkatan, yaitu keanekaragaman gen, keanekaragaman jenis, dan keanekaragaman ekosistem.

#### 1. Keanekaragaman gen

Gen atau plasma nutfah adalah substansi kimia yang menentukan sifat keturunan yang terdapat di dalam kromosom. Setiap individu mempunyai kromosom yang membawa sifat menurun (gen) dan terdapat di dalam inti sel. Perbedaan jumlah dan susunan faktor menurun tersebut akan menyebabkan terjadinya keanekaragaman gen.

Makhluk hidup satu spesies (satu jenis) bisa memiliki bentuk, sifat, atau ukuran yang berbeda. Bahkan pada anak kembar sekalipun terdapat perbedaan. Semua perbedaan yang terdapat dalam satu spesies ini disebabkan karena perbedaan gen.

Keanekaragaman jenis dan jumlah gen yang dimiliki setiap individu makhluk hidup merupakan bahan mentah yang dapat dibudidayakan menjadi bibit unggul. Bahan mentah bibit unggul ini disebut plasma nutfah, Plasma nutfah (*germ plasm*) pertama kali

dikemukakan oleh A. Weismann untuk menjelaskan ide tentang diwariskannya protoplasma. Plasma nutfah merupakan sumber pembawa sifat yang terdapat dalam sel reproduksi atau gamet, dari satu generasi ke generasi berikutnya. Istilah plasma nutfah mengacu pada sel hewan atau tumbuhan yang dapat ditumbuhkan menjadi generasi baru.



Gambar Perbedaan Sesama Ayam (Satu Spesies)  
Termasuk Keanekaragaman Gen

Jadi, keanekaragaman gen adalah *segala perbedaan yang ditemui pada makhluk hidup dalam satu spesies*.

## 2. Keanekaragaman jenis

Spesies atau jenis memiliki pengertian, individu yang mempunyai persamaan secara morfologis, anatomis, fisiologis dan mampu saling kawin dengan sesamanya

(interhibridisasi) yang menghasilkan keturunan yang fertil (subur) untuk melanjutkan generasinya. Kumpulan makhluk hidup satu spesies atau satu jenis inilah yang disebut dengan populasi.

Keanekaragaman jenis adalah segala perbedaan yang ditemui pada makhluk hidup antar jenis atau antar spesies. Keanekaragaman hayati tingkat jenis memperlihatkan adanya variasi bentuk, penampilan, jumlah, sifat lain antar satu jenis (spesies) dengan jenis lain. Variasi dalam spesies bersifat menurun. Dengan demikian, variasi dalam spesies dapat terjadi karena faktor keturunan atau genetika serta interaksinya terhadap lingkungan tempat tinggalnya. Variasi pada tingkat jenis mudah diamati karena perbedaannya yang mencolok. Variasi pada tingkat jenis disebabkan jumlah, bentuk, dan susunan kromosom (tempat terdapatnya gen) berbeda, faktor lingkungan, hibridisasi, dan mutasi kromosom.



Gambar. Berbagai Macam Makhluk Hidup Termasuk Keanekaragaman Gen

Keanekaragaman jenis adalah perbedaan makhluk hidup antar spesies. Contohnya sangat banyak. Contohnya, dalam keluarga kacang-kacangan dikenal kacang tanah, kacang buncis, kacang hijau, kacang kapri, dan lain-lain. Diantara jenis kacang-kacangan tersebut dapat dengan mudah membedakannya karena diantara mereka ditemukan ciri khas yang sama. Akan tetapi, ukuran tubuh atau batang, kebiasaan hidup, bentuk buah dan biji, serta rasanya berbeda.

### 3. Keanekaragaman ekosistem

Ekosistem dapat diartikan sebagai hubungan atau interaksi timbal balik antara makhluk hidup yang satu dengan makhluk hidup lainnya dan juga antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Suatu lingkungan tidak hanya dihuni oleh satu jenis makhluk hidup saja, tetapi juga akan dihuni oleh jenis makhluk hidup lain yang sesuai. Akibatnya, pada lingkungan tersebut akan dihuni berbagai makhluk hidup berlainan jenis yang hidup berdampingan.

Ekosistem adalah komunitas organik yang terdiri atas tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme bersama lingkungan fisik dan kimia tempat hidup atau habitatnya. Faktor fisik dan kimia disebut komponen abiotik. Komponen organik yang terdiri atas berbagai individu makhluk hidup, baik hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme disebut komponen biotik. Sebagai suatu sistem, komponen ekosistem (biotik dan abiotik) merupakan suatu kesatuan yang di dalamnya terjadi proses pengambilan dan perpindahan energi

(energetika), daur materi, dan produktivitas. Perbedaan komponen abiotik (tidak hidup) pada suatu daerah menyebabkan jenis makhluk hidup (biotik) yang dapat beradaptasi dengan lingkungan tersebut berbeda-beda. Komponen biotik dan abiotik di berbagai daerah tersebut juga bervariasi baik mengenai kualitas maupun kuantitasnya. Variasi kondisi komponen abiotik yang tinggi ini akan menghasilkan keanekaragaman ekosistem. Contoh ekosistem adalah: hutan hujan tropis, hutan gugur, padang rumput, padang lumut, gurun pasir, sawah, ladang, air tawar, air payau, laut, dan lain-lain.

Keanekaragaman ekosistem memperlihatkan adanya berbagai individu makhluk hidup yang memiliki kemampuan interaksi berbeda-beda terhadap lingkungannya sehingga membentuk ekosistem yang berbeda beda bagi tiap-tiap individu tersebut. Keanekaragaman ekosistem terdapat di Indonesia karena Indonesia memiliki berbagai spesies tumbuhan dan hewan.

Jadi keanekaragaman ekosistem adalah segala perbedaan yang terdapat antar ekosistem. Keanekaragaman ekosistem ini terjadi karena adanya keanekaragaman gen dan keanekaragaman jenis (spesies).



Gambar Keanekaragaman ekosistem terbentuk karena keanekaragaman gen dan keanekaragaman spesies

Contoh keanekaragaman hayati tingkat ekosistem misalnya: pohon kelapa banyak tumbuh di daerah pantai, pohon aren tumbuh di pegunungan, sedangkan pohon palem dan pinang tumbuh dengan baik di daerah dataran rendah.

## **B. Klasifikasi makhluk hidup**

Klasifikasi adalah pengelompokan aneka jenis hewan atau tumbuhan ke dalam kelompok tertentu. Pendapat lain mengemukakan, klasifikasi adalah metode menata organisme ke dalam kelompok berdasarkan pada kemiripan struktur yang menunjukkan dekatnya kekerabatan antara organisme tersebut dan juga menunjukkan evolusinya. Pengelompokan ini disusun secara runtut sesuai dengan tingkatannya (hierarkinya), yaitu mulai dari yang lebih kecil tingkatannya hingga ke tingkatan yang lebih besar. Ilmu tentang prinsip dan caraklasifikasi makhluk hidup disebut taksonomi atau sistematik. Prinsip dan cara mengelompokkan makhluk hidup menurut ilmu taksonomi adalah dengan membentuk takson. Takson adalah kelompok makhluk hidup yang

anggotanya memiliki banyak persamaan ciri. Takson dibentuk dengan jalan mencandra objek atau makhluk hidup yang diteliti dengan mencari persamaan ciri maupun perbedaan yang dapat diamati.

Tujuan dari klasifikasi makhluk hidup adalah:

1. mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan persamaan ciri-ciri yang dimiliki;
2. mendeskripsikan ciri-ciri suatu jenis makhluk hidup untuk membedakannya dengan makhluk hidup dari jenis yang lain;
3. mengetahui hubungan kekerabatan antarmakhluk hidup; dan
4. memberi nama makhluk hidup yang belum diketahui namanya.

Berdasarkan tujuan tersebut, sistem klasifikasi makhluk hidup memiliki manfaat yaitu memudahkan dalam mempelajari makhluk hidup yang sangat beraneka ragam, dan mengetahui hubungan kekerabatan antara makhluk hidup satu dengan yang lain.

Ada bermacam sistem klasifikasi makhluk hidup. Sistem klasifikasi ini berkembang mulai dari yang sederhana hingga berdasar sistem yang lebih modern.

1. Sistem natural / alami

Sistem yang mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan persamaan ciri struktur tubuh eksternal (morfologi) dan struktur tubuh internal (anatomi) secara alamiah. Penganut sistem ini, diantaranya, Carolus Linnaeus (abad ke-18). Linnaeus berpendapat bahwa setiap tipe makhluk hidup mempunyai bentuk

yang berbeda. Oleh karena itu, jika sejumlah makhluk hidup memiliki sejumlah ciri yang sama, berarti makhluk hidup tersebut sama spesiesnya. Dengan cara ini, Linnaeus dapat mengenal 10.000 jenis tanaman dan 4.000 jenis hewan.

2. Sistem artificial/buatan

Sistem yang mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan persamaan ciri yang ditetapkan oleh peneliti sendiri, misalnya, ukuran, bentuk, dan habitat makhluk hidup. Penganut sistem ini diantaranya Aristoteles dan Theophratus (370 SM).

3. Sistem modern (filogenetik)

Sistem klasifikasi makhluk hidup berdasarkan pada hubungan kekerabatan secara evolusioner. Beberapa parameter yang digunakan dalam klasifikasi ini adalah sebagai berikut:

- Persamaan struktur tubuh dapat diketahui secara eksternal dan internal
- Menggunakan biokimia perbandingan. Misalnya, hewan *Limulus polyphemus*, dahulu dimasukkan ke dalam golongan rajungan (Crab) karena bentuknya seperti rajungan, tetapi setelah dianalisis darahnya secara biokimia, terbukti bahwa hewan ini lebih dekat dengan laba-laba (Spider). Berdasarkan bukti ini, *Limulus* dimasukkan ke dalam golongan laba-laba.
- Berdasarkan genetika modern. Gen dipergunakan juga untuk melakukan klasifikasi makhluk hidup.

Adanya persamaan gen menunjukkan adanya kekerabatan.

Untuk mengklasifikasikan makhluk hidup harus melalui serangkaian tahapan. Tahapan tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi objek berdasar ciri-ciri struktur tubuh makhluk hidup, misalnya, hewan atau tumbuhan yang sama jenis atau spesiesnya. Ini adalah prinsip dasar dari semua klasifikasi, menggunakan itu dapat dilihat sistem klasifikasi yang akan terbentuk.
2. Setelah kelompok spesies terbentuk, dapat dibentuk kelompok-kelompok lain dari urutan tingkatan klasifikasi sebagai berikut.

Dua atau lebih spesies dengan ciri-ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson genus.

Beberapa genus yang memiliki ciri-ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson famili.

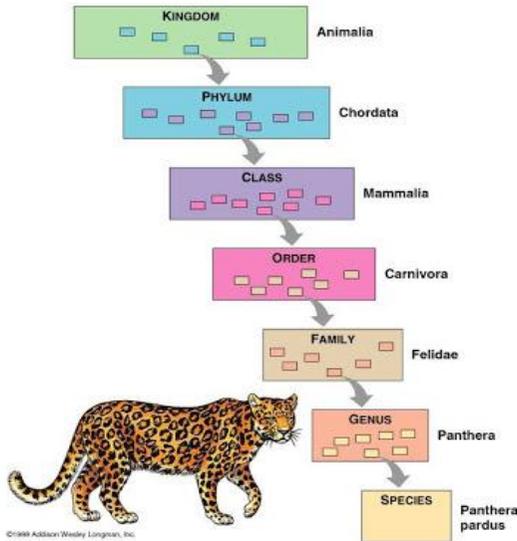
Beberapa famili dengan ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson ordo.

Beberapa ordo dengan ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson kelas.

Beberapa kelas dengan ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson filum (untuk hewan) atau divisio (untuk tumbuhan).

Dengan cara tersebut terbentuklah urutan hierarki atau tingkatan klasifikasi makhluk hidup. Urutan klasifikasi dari tingkatan yang terbesar hingga terkecil adalah sebagai berikut:

- Kerajaan (*kingdom*)
- Divisio atau filum
- Kelas (*classis*)
- Bangsa (*ordo*)
- Suku (*family*)
- Marga (*genus*)
- Jenis (*species*)



Gambar Contoh klasifikasi Harimau

Mengingat keperluannya, kadang-kadang diantara dua tingkatan terdapat sub-sub, seperti subkingdom, subfilum, subordo, dan subspecies. Demikian pula di bawah kelompok spesies masih ditempatkan kelompok varietas dan di bawah varietas terdapat strain. Semakin ke atas urutan tingkatan klasifikasi, hubungan kekerabatan makhluk hidup semakin jauh, sedangkan

semakin ke bawah hubungan kekerabatannya semakin dekat.

### 3. Pemberian nama

Tatanama merupakan salah satu kegiatan di dalam taksonomi. Tatacara pemberian nama pada makhluk hidup ini didasarkan pada metode yang disebut Binomial Nomenklatur yang diciptakan oleh Carolus Linnaeus. Kegiatan ini mengenai penentuan nama yang benar bagi takson yang telah atau harus diketahui. Nama ilmiah dalam klasifikasi mempunyai ketentuan, antara lain:

- Menggunakan bahasa Latin (bahasa yang dilatinkan)
- Menggunakan sistem binominal nomenklatur (*sistem binary*), yaitu penamaan dengan dua kata. Jadi semua makhluk hidup diberi nama yang terdiri atas 2 kata *dari Bahasa Latin atau yang dilatinkan*, terdiri dari kata 1 menunjukkan genus, kata ke-2 sebagai petunjuk jenis (*Epitheton specificum*). *Ephitheon spesificum* dapat berasal dari nama lokasi, sifat, nama orang. Nama tingkat genus ditulis dengan huruf awal kapital (huruf) besar, dan nama tingkat spesies ditulis dengan huruf awal huruf kecil. Jika ditulis dengan huruf tegak kedua kata harus digarisbawahi (misalnya Oryza sativa) atau ditulis miring/italic (misalnya *Oryza sativa*). Apabila nama terdiri atas lebih dari dua kata, maka kata kedua dan berikutnya harus digabung atau

diberi tanda penghubung. Misalnya: *Hibiscus rosasinensis* atau *Hibiscus rosa-sinensis*.

- Jika memiliki *subspesies*, nama tersebut ditambahkan pada kata ketiga. Jadi, pada subspecies terdiri atas tiga kata. Sistem penamaan yang terdiri atas tiga suku kata disebut Trinomial nomenklatur, contohnya, *Felix maniculata domestica* (kucing rumah/piaraan)
- Nama species juga mencantumkan inisial pemberi nama species tersebut, contohnya *Zea mays L.* (yang memberi nama jagung adalah Linnaeus)

### Sejarah Klasifikasi

#### 1. Aristoteles

Pada tahun 384 SM mengelompokkan makhluk hidup menjadi dua kelompok, yaitu tumbuhan dan hewan. Tumbuhan dikelompokkan menjadi herba, semak, dan pohon. Sedangkan hewan digolongkan menjadi hewan berdarah dan hewan tidak berdarah.

#### 2. John Ray

Pada tahun 1627 John Ray mengelompokkan makhluk hidup menjadi kelompok – kelompok kecil dan memperkenalkan konsep tentang spesies.

#### 3. Carolus Linnaeus (Sistem Klasifikasi Dua Kingdom)

Pada abad ke-18 tepatnya pada tahun 1735 Carolus Linnaeus mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan kesamaan struktur ke dalam takson-takson dan memperkenalkan sistem tata nama makhluk hidup. Menurut sistem ini klasifikasi dimulai dengan dua

“kerajaan” atau kingdom yaitu Animalia dan Plantae. Kerajaan dibagi ke dalam kelas dan masing-masing kelas terbagi dalam ordo, yang dibagi dalam Genera ( bentuk tunggal atau genus) yang dibagi dalam spesies.

4. Ernest Haeckel dan Hoog (Sistem Klasifikasi Tiga Kingdom)

Ketika makhluk hidup bersel satu ditemukan, temuan baru ini dipecah ke dalam dua kerajaan yang dapat bergerak ke dalam filum Protozoa, sementara alga dan bakteri ke dalam divisi Thallophyta atau Protophyta. Namun ada beberapa makhluk yang dimasukkan ke dalam filum dan divisi, seperti alga yang dapat bergerak, Euglena, dan jamur lendir yang mirip amuba. Karena dasar inilah, Ernest Haeckel pada tahun 1866 menyarankan adanya kerajaan ketiga, yaitu Protista untuk menampung makhluk hidup yang tidak memiliki ciri klasifikasi yang jelas. Protista adalah organisme yang memiliki sifat-sifat tumbuhan dan hewan sekaligus.

5. Herbert Copeland (Sistem Klasifikasi Empat Kingdom)

Pada tahun 1938 Copeland mengelompokkan organisme dalam empat kingdom. Copeland membagi menjadi empat Kingdom yaitu Monera, Protista, Plantae dan Animalia. Monera adalah organisme yang belum memiliki membran inti dan membran organel sel atau bersifat prokariotik. Berbeda dengan Protista/Protoctista yang bersifat Eukariotik. Plantae adalah tumbuhan yang mengalami masa perkembangan embrio, begitu juga Animalia

adalah kelompok hewan yang mengalami masa perkembangan embrio dalam siklus hidupnya.

6. R.H. Whittaker (Sistem Klasifikasi Lima Kingdom)

Pada tahun 1969 R.H. Whittaker mengelompokkan organisme dalam lima kingdom. R.H. Whittaker menggolongkan makhluk hidup menjadi Animalia, Plantae, Fungi, Protista dan Monera. Ciri-ciri pada sistem lima kingdom sebagai berikut.

Kingdom Monera : Prokariot, Autotrof dan Heterotrof, Uniseluler dan Multiseluler.

Kingdom Protista : Eukariot, Autotrof dan Heterotrof, Uniseluler dan Multiseluler.

Kingdom Fungi : Eukariot, Heterotrof, Uniseluler dan Multiseluler.

Kingdom Plantae : Eukariot, Autotrof, Multiseluler.

Kingdom Animalia : Eukariot, Heterotrof, Multiseluler.

7. Carl Woese (Sistem Klasifikasi Enam Kingdom)

Pada tahun 1977 Carl Woese mengelompokkan makhluk hidup menjadi enam kingdom, Carl Woese membagi monera menjadi dua kingdom yaitu Archaebacteria dan Eubacteria sehingga terdapat enam kingdom. Pada tahun 1990, Carl Woese dan rekan-rekannya kembali mengusulkan sistem pengelompokkan makhluk hidup menjadi tiga domain yaitu Bacteria (dari Eubacteria), Archaea (dari Archaebacteria), dan Eukarya (di dalamnya termasuk Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia).

### C. Allah menciptakan Makhluk Hidup Beraneka ragam

Allah SWT sebagai pencipta alam semesta dan seluruh isinya, menciptakan makhluk hidup dengan beraneka ragam. Dalam al-Qur'an banyak terdapat ayat-ayat yang menyatakan keanekaragaman makhluk hidup ciptaan Allah, antara lain terdapat apada ayat:

Q.S al-Baqarah: 31

وَعَلَّمَ آدَمَ الْأَسْمَاءَ كُلَّهَا ثُمَّ عَرَضَهُمْ عَلَى الْمَلَائِكَةِ فَقَالَ أَنْبِئُونِي بِأَسْمَاءِ هَؤُلَاءِ إِنْ كُنْتُمْ صَادِقِينَ

Dan Dia mengajarkan kepada Adam Nama-nama (benda-benda) seluruhnya, kemudian mengemukakannya kepada Para Malaikat lalu berfirman: "Sebutkanlah kepada-Ku nama benda-benda itu jika kamu mamang benar orang-orang yang benar!" (Q.S al-Baqarah:31).

Pemberian nama bagi makhluk hidup yang ada di alam raya ini adalah merupakan ungkapan kembali dari ilmu yang telah diberikan Allah SWT kepada Nabi Adam as. Ayat diatas juga menginformasikan bahwa manusia dianugerahi Allah potensi untuk mengetahui nama atau fungsi dan karakteristik benda-benda termasuk hewan dan tumbuhan. Dalam biologi tingkat pengelompokan disebut juga taksonomi. Tingkatan ini disusun oleh kelompok (takson) yang paling umum sampai yang paling khusus, dengan urutan sebagai berikut : Hewan, Tumbuhan, Kingdom, Regnum (kingdom), Phylom, Divisio (division), Class Classis

(class), Order Ordo (order), Family Familia (family), Genus (genus), Species (species)

Q.S al- An'am (6) : 141

وَهُوَ الَّذِي أَنشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكْلُهُ  
وَالرَّيْنُونَ وَالرُّمَانَ مِثْلَهَا وَغَيْرَ مِثْلَهَا كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ  
حَصَادِهِ وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

“Dan Dialah yang menjadikan tanaman-tanaman yang merambat dan yang tidak merambat, pohon kurma, tanaman yang beranekaragam rasanya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak serupa (rasanya). Makanlah buahnya apabila ia berbuah dan berikanlah haknya (zakatnya) pada waktu memetik hasilnya, tapi janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan”.

Allah SWT menciptakan pohon kurma dan pohon-pohon lain dengan berbagai macam buahnya dan beranekaragam bentuk, warna, dan rasanya. Hal itu agar menarik perhatian hamba-Nya dan menjadikan mereka beriman, bersyukur dan bertakwa kepada-Nya. Pohon-pohon yang telah diciptakan Allah tersebut memiliki manfaat bagi kehidupan manusia seperti pohon kurma (*Phoenix dactylifera*). Berdasarkan penelitian yang sudah banyak dilakukan terhadap kurma, ditegaskan bahwa kurma mengandung sejumlah unsur penting bagi tubuh karena sangat kaya dengan zat gula, protein, lemak dan juga zat garam mineral serta vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh sehingga mudah dicerna, diserap dan melekat pada tubuh. (Rizqiyah, 2007)

Q.S an-Nur: 45:

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِنْ مَاءٍ ۖ فَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَىٰ بَطْنِهِ وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَىٰ رِجْلَيْنِ وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَىٰ أَرْبَعٍ ۗ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ ۗ إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ

Dan Allah telah menciptakan semua jenis hewan dari air, Maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, Sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu.

Q. S al-Insan : 2

إِنَّا خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ نُطْفَةٍ أَمْشَاجٍ نَبْتَلِيهِ فَجَعَلْنَاهُ سَمِيعًا بَصِيرًا

Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari setetes mani yang bercampur yang Kami hendak mengujinya (dengan perintah dan larangan), karena itu Kami jadikan Dia mendengar dan melihat.

Q.S al-Hijr: 22

وَأَرْسَلْنَا الرِّيَّاحَ لَوَافِحٍ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسُفِّتْنَا كُفُوهُ ۖ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ

Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya.

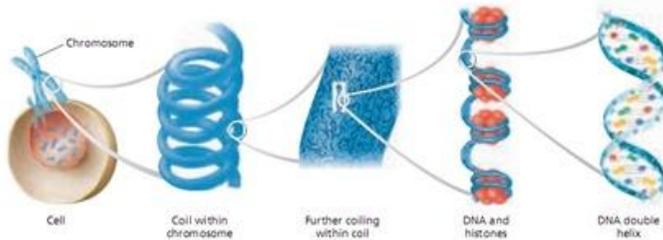
Selain itu keanekaragaman makhluk hidup juga diterangkan Allah dalam Q.S Al-Mukminun 19-20 tentang air menumbuhkan pohon kurma, Q.S An-Nahl: 5-9 tentang menciptakan binatang ternak, Al-Jatsiyah: 4: menciptakan binatang melata dan Al-Ghasiyah: memperhatikan anatomi unta.

# BAB VII

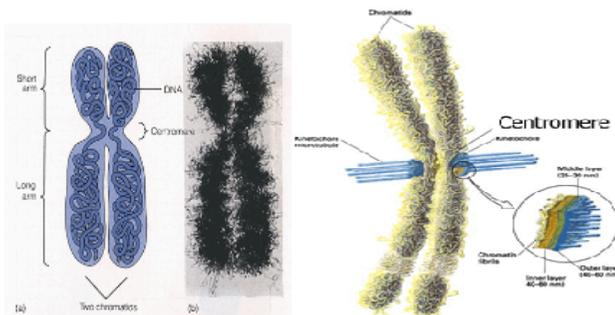
## REPRODUKSI MAKHLUK HIDUP

### A. Kromosom dan Gen

Kromosom adalah bahan genetik yang terdapat di dalam inti sel, yang berfungsi dalam proses pewarisan sifat. Pada kromosom dijumpai banyak sekali gen (sifat menurun). Sebenarnya yang disebut sehari-hari sebagai gen adalah DNA (*deoxiribonucleic acid/asam deoksiribonukleat - ADN*). Jadi lebih tepat dikatakan: gen merupakan sepotong segmen DNA yang mengandung suatu informasi genetik yang akan diwariskan kepada keturunan.



Gambar Struktur Kromosom



Gambar Kromosom

Umumnya suatu kromosom memiliki dua lengan yang memanjang dari atas ke bawah, yang masing-masing disebut kromatid. Jadi gambar di atas adalah satu kromosom yang terdiri dari dua kromatid. Jika kromosom melakukan duplikasi, maka setiap lengan akan mengganda sehingga terbentuk dua kromatid. Pada bagian tertentu dari lengan kromosom terdapat lekukan yang disebut sentromer. Bagian inilah yang akan ditarik oleh benang spindel saat kromosom memisah waktu berlangsung pembelahan sel.

Umumnya makhluk hidup memiliki sejumlah kromosom yang berpasangan dua. Misalnya, manusia memiliki 23 pasang kromosom yang masing-masing berpasangan dua. Kromosom yang masing-masing berpasangan dua disebut dengan diploid ( $2n$ ). Jika berpasangan tiga disebut triploid ( $3n$ ), tetraploid ( $4n$ ), dan seterusnya. Mulai  $3n$  dan seterusnya sering disebut poliploid. Jika kromosom tidak berpasangan disebut dengan haploid ( $n$ ).

Setiap kromosom yang berpasangan biasanya memiliki bentuk dan ukuran yang sama (juga membawa informasi genetik yang sama). Kromosom seperti ini disebut kromosom homolog. Jika bentuk dan ukuran tidak sama disebut kromosom non homolog, dan mereka tidak akan berpasangan.

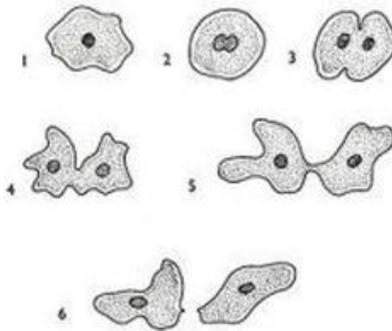
## **B. Pembelahan Sel**

Reproduksi sel bertujuan untuk menambah jumlah dan jenis sel, atau membentuk sel-sel lain dengan tujuan tertentu. Ada tiga jenis pembelahan sel, yaitu amitosis, mitosis, dan meiosis.

### **1. Pembelahan Amitosis**

Pembelahan amitosis merupakan pembelahan sel yang tidak melalui urutan tahap-tahap tertentu. Pada

pembelahan ini nukleus langsung membelah menjadi dua lalu didistribusikan pada sel anak tanpa didahului oleh pembentukan benang spindel, peleburan membran inti, penampakan kromosom, atau ciri lain. Contoh pembelahan ini terjadi pada bakteri, *Amoeba*, *Paramecium*, atau alga biru.



Gambar Pembelahan pada Amoeba

## 2. Pembelahan Mitosis

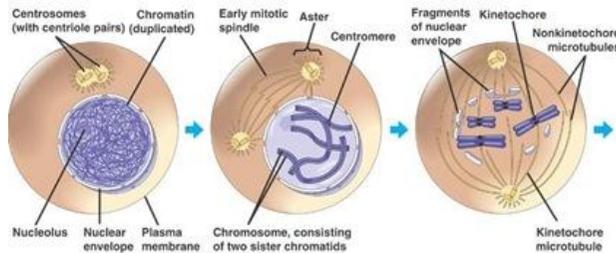
Pembelahan mitosis merupakan pembelahan sel yang melalui tahap-tahap pembelahan tertentu, yaitu: profase, metafase, anafase, dan telofase (PMAT). Pembelahan ini memiliki ciri sebagai berikut:

- terjadi pada pembelahan sel tubuh (somatis)
- bertujuan untuk pertumbuhan dan regenerasi
- menghasilkan dua sel anak yang identik dengan sel induk semula (diploid menjadi diploid/haploid menjadi haploid)
- berlangsung dalam satu kali PMAT

Tahap-tahap yang berlangsung pada pembelahan mitosis adalah sebagai berikut:

a. Profase

Tahap ini merupakan fase pembelahan mitosis yang paling lama dan paling banyak memerlukan energi. Peristiwa yang berlangsung selama profase adalah sebagai berikut: benang kromatin menjadi kromosom, lalu kromosom mengganda menjadi dua kromatid tetapi masih melekat dalam satu sentromer membran inti dan nukleolus lenyap sentrosom memisah menjadi dua sentriole, dan diantaranya terbentang benang spindle.



b. Metafase

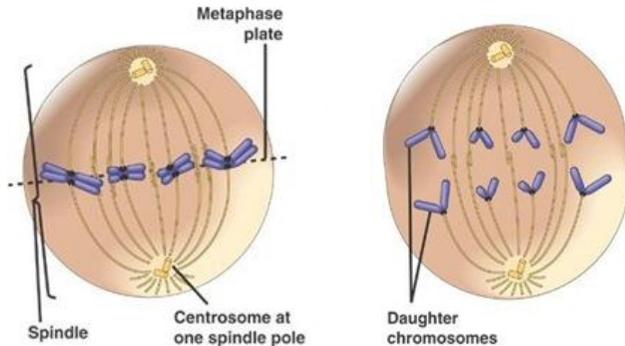
Pada tahap ini kromosom terletak berjajar pada bidang ekuator. Bagian sentromer kromosom berikatan dengan kinetokor yang berhubungan dengan benang spindle. Pada fase ini kromosom tampak paling jelas terlihat sehingga jumlahnya mudah diidentifikasi. Metafase adalah tahap yang memerlukan energi terkecil dan waktu yang paling singkat.

c. Anafase

Saat anafase sentromer membelah, lalu benang spindle menarik kromosom menuju kutub sel yang berlawanan. Pergerakan kromosom tersebut dipengaruhi oleh enzim dynein.

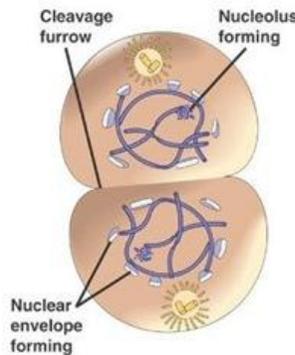
d. Telofase

Pada tahap ini terjadi peristiwa yaitu kromosom berubah menjadi benang kromatin, membran inti dan nukleolus terbentuk kembali, terjadi sitokinesis (pembagian sitoplasma) sehingga dihasilkan dua sel yang identik dengan sel semula.



Gambar Metafase

Gambar Anafase



Gambar Telofase

3. Pembelahan meiosis

Pembelahan meiosis memiliki ciri sebagai berikut:

- terjadi dalam peristiwa pembentukan sel kelamin (gametogenesis) pada kelenjar kelamin (gonad)

- menghasilkan empat sel yang tidak identik dengan sel semula (diploid menjadi haploid), karena terjadi pengurangan kromosom pembelahan ini sering disebut pembelahan reduksi
- bertujuan untuk mengurangi jumlah kromosom, agar komposisi kromosom anak sama dengan komposisi kromosom induk
- berlangsung dalam dua kali PMAT, yaitu PMAT I (pembelahan reduksi) dan PMAT II tanpa diselingi interfase

Peristiwa yang berlangsung saat meiosis adalah sebagai berikut:

#### Meiosis I

##### a. Profase 1

Tahap ini terbagi menjadi beberapa tahap lagi sebagai berikut:

Leptonema : benang kromatin berubah menjadi kromosom

Zigonema : kromosom homolog berpasangan dan disebut bivalen. Peristiwa saat kromosom homolog berpasangan membentuk bivalen disebut sinapsis

Pakinema : kromosom homolog yang berpasangan (bivalen) mengganda sehingga terdapat empat kromatid yang berpasangan dan disebut tetrad

Diplonema : terjadi pindah silang (*crossing over*)

Diakinesis : membran inti dan nukleolus lenyap, telah terbentuk benang spindel lengkap

##### b. Metafase 1

Tetrad terletak pada bidang pembelahan sel/ekuator

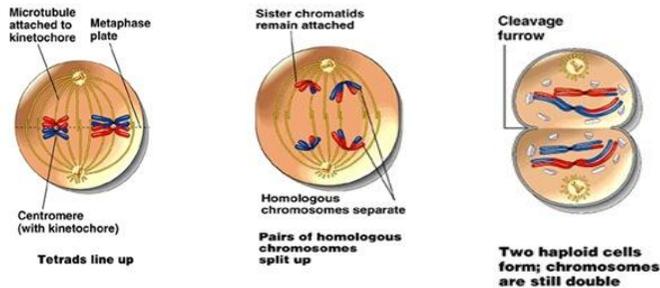
c. Anafase 1

Tetrad memisah menjadi dua kromatid, lalu masing-masing bergerak ke kutub sel yang berlawanan

d. Telofase 1

Kromosom yang terdiri dari dua kromatid sampai di kutub sel, membran inti dan nukleolus muncul, terjadi sitokinesis, kromosom berubah menjadi benang kromatin, dan Benang spindel lenyap. Pada telofase 1 ini sel hasil pembelahan telah memiliki separo jumlah kromosom sel induk (haploid). Itu sebabnya Meiosis I sering disebut pembelahan reduksi karena ada pengurangan kromosom dari  $2n$

—>  $n$ .



e. Profase 2

benang kromatin berubah menjadi kromosom (yang terdiri dari dua kromatid) membran inti dan nukleolus lenyap berbentuk benang spindle

f. Metafase 2

Kromosom yang terdiri dari dua kromatid terletak di bidang pembelahan sel/ekuator

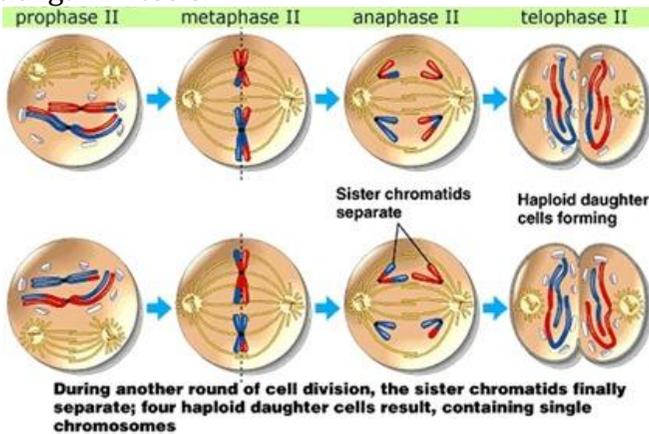
g. Anafase 2

Kromosom yang terdiri dari dua kromatid memisah, lalu masing-masing bergerak ke kutub sel yang berlawanan

#### h. Telofase 2

kromosom sampai di kutub sel, membran inti dan nukleolus muncul, benang spindel lenyap, terjadi sitokinesis, terbentuk 4 sel yang haploid

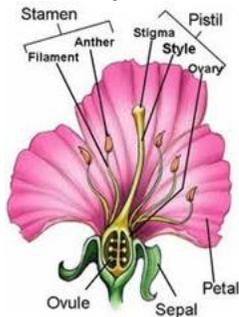
Pada pembelahan Meiosis II tidak ada perubahan struktur kromosom, jadi semula  $n$  (haploid) pada akhir pembelahan tetap  $n$ . Oleh karena itu Meiosis II sebenarnya sama dengan Mitosis.



### C. Reproduksi pada Tumbuhan

Perkembangbiakan atau reproduksi bertujuan untuk melestarikan keberadaan suatu spesies agar tidak mengalami kepunahan. Pada umumnya reproduksi pada tumbuhan dapat dibedakan atas dua cara, yaitu secara vegetatif (aseksual) dan secara generatif (seksual). Reproduksi generatif adalah terjadinya individu baru yang didahului dengan peleburan dua sel gamet. Peristiwa ini disebut pembuahan. Pembuahan (fertilisasi) pada tumbuhan berbiji akan terjadi kalau didahului adanya proses penyerbukan (persarian/polenasi).

## 1. Penyerbukan



Penyerbukan adalah sampainya serbuk sari pada tempat tujuan. Pada tumbuhan Gymnospermae, tujuan serbuk sari adalah tetes penyerbukan, sedangkan pada tumbuhan Angiospermae, tujuan serbuk sari adalah kepala putik.

Macam-macam penyerbukan

a. Berdasarkan penyebab sampainya serbuk sari pada tujuan

1) Anemogami: penyerbukan yang disebabkan oleh angin

Ciri-ciri tumbuhan yang penyerbukannya dibantu oleh angin ialah:

- bunganya tidak bermahkota
- serbuk sarinya bergantung pada kedudukannya
- serbuk sarinya banyak dan ringan
- kepala putiknya besar.

Contohnya: rumput, tebu, dan alang-alang.

2) Zoidiogami: penyerbukan yang dibantu oleh hewan. Berdasarkan jenis hewannya dapat dibedakan lagi menjadi:

- Entomogami: penyebabnya adalah serangga. Tumbuhan yang penyerbukannya memerlukan

bantuan serangga umumnya mempunyai ciri-ciri:

- ✓ mahkota bunga berwarna mencolok
  - ✓ mengeluarkan bau yang khas
  - ✓ mempunyai kelenjar madu
- Ornitogami: penyerbukan karena bantuan burung, terjadi pada tumbuhan yang bunganya mengandung madu atau air.
  - Kiropterogami: penyerbukan karena bantuan kelelawar, terjadi pada tumbuhan yang bunganya mekar pada malam hari.
  - Malakogami: penyerbukan karena bantuan siput, terjadi pada tumbuhan yang banyak dilekati siput.
- 3) Hidrogami: penyerbukan karena bantuan air. Ini pada umumnya terjadi pada tumbuhan yang hidup di dalam air, misalnya Hydrilla.
- 4) Antropogami: disebut juga penyerbukan buatan atau senggaja, yaitu penyerbukan karena bantuan manusia. Hal ini dilakukan oleh manusia karena tidak terdapatnya vektor yang dapat membantu penyerbukan. Contohnya, tumbuhan vanili.



pada kelompok padi, kebanyakan bunga jagung, alang-alang dsb diserbuki oleh serangga penyerbukannya dibantu angin



Burung Kolibri, salah satu hewan penyerbuk



Bunga Vanili, salah satu contoh tumbuhan yang penyerbukannya dibantu manusia

b. Berdasarkan asal serbuk sari

- 1) Autogami atau penyerbukan sendiri. Autogami dapat terjadi bila serbuk sari berasal dari bunga yang sama. Autogami sering terjadi pada saat bunga belum mekar disebut kleistogami.
- 2) Geitonogami atau penyerbukan tetangga, yaitu penyerbukan di mana serbuk sari berasal dari bunga yang berlainan tetapi masih dalam satu individu.
- 3) Alogami atau penyerbukan silang, yaitu penyerbukan di mana serbuk sari berasal dari bunga individu lain tetapi masih dalam satu species/jenis.
- 4) Bastar yaitu penyerbukan di mana serbuk sari dan putik berasal dari spesies lain.

Terjadinya penyerbukan belum memberi jaminan akan terjadinya pembuahan, karena buluh serbuk sari yang berasal dari serbuk sari dalam perkembangan selanjutnya belum tentu dapat mencapai sel telur, yang letaknya di dalam bakal buah jauh dari kepala putik. Pada beberapa jenis tumbuhan penyerbukannya tidak mungkin terjadi

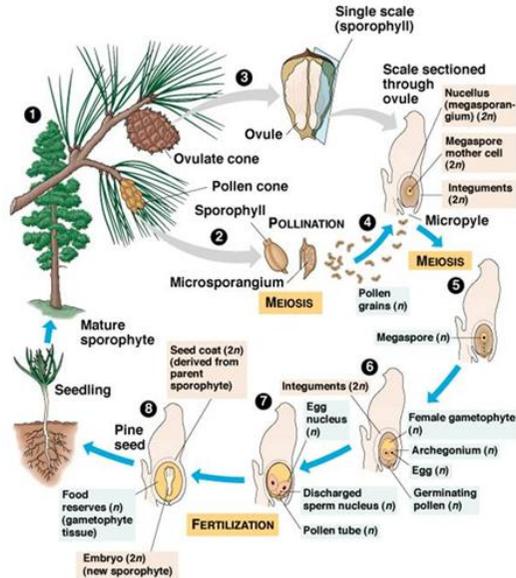
secara autogami (penyerbukan mandiri). Hal ini antara lain disebabkan oleh:

- a. Dioseus (berumah dua), artinya alat kelamin jantan dan alat kelamin betina terdapat pada individu yang berbeda. Misalnya: melinjo dan salak.
- b. Dikogami, bila putik dan serbuk sari suatu bunga masaknya tidak bersamaan. Dikogami dapat dibedakan atas
  - 1) Protandri, bila serbuk sari suatu bunga masak lebih dulu dari pada putiknya. Contohnya: bunga jagung, seledri, dan bawang Bombay.
  - 2) Protogini, bila putik suatu bunga masak lebih dulu dari serbuk sarinya. Contohnya: bunga kubis, bunga coklat, dan alpukat.
- c. Herkogami, ialah bentuk bunga yang sedemikian rupa, sehingga serbuk sari dari bunga tersebut tidak dapat jatuh pada kepala putiknya, kecuali dengan bantuan manusia atau hewan. Contoh: Anggrek, Vanili, dan lain sebagainya.
- d. Heterostili, ialah bunga yang mempunyai benang sari dan tangkai putik tidak sama panjang. Contoh: tumbuhan familia Rubiaceae (kopi, kina, kaca piring, dan lain sebagainya).

## 2. Pembuahan

Penyerbukan akan menghasilkan individu baru apabila diikuti oleh pembuahan, yaitu peleburan antara sel kelamin jantan dengan sel kelamin betina. Pada tumbuhan berbiji dikenal ada dua macam pembuahan, yaitu pembuahan tunggal pada Gymnospermae, dan pembuahan ganda pada Angiospermae.

a. Pemuahan tunggal

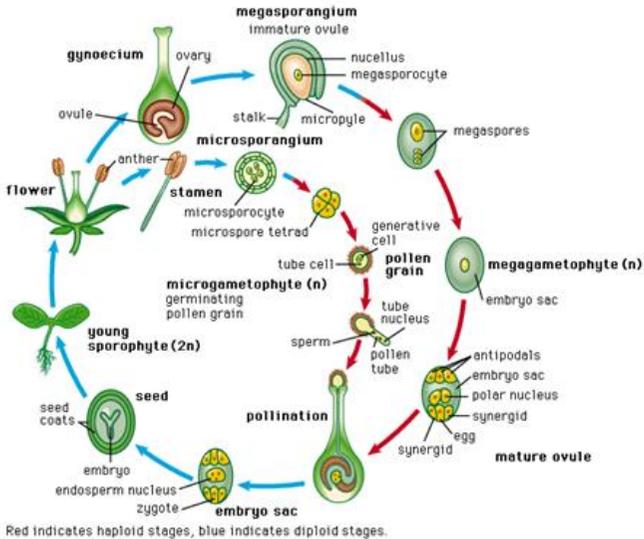


Gambar Proses Pemuahan Tunggal pada Pinus (Gymnospermae)

Terjadi pada tumbuhan Gymnospermae atau tumbuhan berbiji terbuka. Serbuk sari akan sampai pada tetes penyerbukan, kemudian dengan mengeringnya tetes penyerbukan, serbuk sari yang telah jatuh di dalamnya akan diserap masuk ke ruang serbuk sari melalui mikrofil. Serbuk sari ini sesungguhnya terdiri atas dua sel, yaitu sel generatif atau yang kecil dan sel vegetatif yang besar, hampir menyelubungi sel generatif. Serbuk sari ini kemudian tumbuh membentuk buluh serbuk sari, yang kemudian bergerak ke ruang arkegonium. Karena pembentukan buluh serbuk sari maka sel-sel yang terdapat di antara ruang serbuk sari dan ruang arkegonium terdesak ke samping akan terlarut. Sementara itu di dalam buluh ini

sel generatif membelah menjadi dua dan menghasilkan sel dinding atau sel dislokator, dan sel spermatogen atau calon spermatozoid. Sel spermatogen kemudian membelah menjadi dua sel permatozoid. Setelah sampai di ruang arkegonium, sel vegetatif lenyap, dan kedua sel spermatozoid lepas ke dalam ruang arkegonium yang berisi cairan, sehingga spermatozoid dapat berenang di dalamnya. Pada ruang arkegonium terdapat sejumlah sel telur yang besar. Tiap sel telur bersatu dengan satu spermatozoid, sehingga pembuahan pada Gymnospermae selalu mengasilkan zigot yang kemudian tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Pembuahan tunggal seperti ini misalnya terjadi pada pohon Pinus.

b. Pembuahan ganda



Terjadi pada tumbuhan Angiospermae atau tumbuhan berbiji tertutup.

- 1) Perkembangan serbuk sari  
Serbuk sari yang jatuh di kepala putih terdiri atas satu sel dengan dua dinding pembungkus, yaitu: eksin (selaput luar) dan intin (selaput dalam). Eksin pecah, kemudian intin tumbuh memanjang membuat buluh serbuk sari. Buluh serbuk sari ini akan tumbuh menuju ke ruang bakal biji. Bersamaan dengan ini inti sel serbuk sari membelah menjadi 2, yang besar didepan adalah inti vegetatif sebagai penunjuk jalan, dan yang kecil di belakang adalah inti generatif. Inti generatif membelah lagi menjadi dua inti generatif atau spermatozoid, yaitu inti generatif 1 dan inti generatif 2.
- 2) Pembentukan sel telur  
Bersamaan dengan perkembangan serbuk sari dalam buluh serbuk sari, di dalam ruang bakal biji sel induk megaspora (megasporosit/makrosporosit) membelah secara meiosis menjadi 4 sel. Tiga diantaranya mati dan yang satu tumbuh menjadi sel megaspora/makrospora (inti kandung lembaga primer). Inti sel megaspora ini selanjutnya membelah mitosis 3x, sehingga terbentuklah 8 inti. Ke-8 inti tersebut kemudian masing-masing akan terbungkus membran sehingga menjadi sel yang terpisah. Karena itu sel-sel di dalam bakal biji sering disebut multigamet.
- 3) Langkah berikutnya, 8 sel tersebut membentuk formasi di dalam bakal biji. Tiga sel menempatkan diri di bagian atas bakal biji disebut antipoda. Yang di bagian bawah dekat mikrofil, 3 sel menempatkan diri berdekatan. Yang tengah adalah ovum, sedang mengapitnya sebelah kanan dan kiri adalah sinergid. Dua sel yang tersisa bergerak ke tengah bakal biji dan bersatu melebur membentuk inti kandung lembaga sekunder sehingga menjadi sel yang diploid (2n).

- 4) Jika terjadi pembuahan inti generatif 1 membuahi ovum membentuk zigot, sedang inti generatif 2 membuahi inti kandung lembaga sekunder menghasilkan endosperm ( $3n$ ) sebagai cadangan makanan untuk zigot. Inilah yang dinamakan pembuahan ganda. Sementara itu inti vegetatif akan mati setelah sampai di bakal biji.

inti generatif 1 ( $n$ ) + ovum ( $n$ )  $\rightarrow$  zigot ( $2n$ )

inti generatif 2 ( $n$ ) + inti kandung lembaga sekunder ( $2n$ )  $\rightarrow$  endosperm ( $3n$ )

Masuknya inti generatif ke dalam ruang bakal biji ada beberapa cara, yaitu:

Porogami : bila dalam pembuahan masuknya spermatozoid melalui mikrofil.

Aporogami : bila masuknya spermatozoid tidak melalui mikrofil. Bila masuknya spermatozoid melalui kalaza, maka disebut kalazogami.

### 3. Reproduksi secara Vegetatif (Aseksual)

Reproduksi vegetatif yaitu terjadinya individu baru tanpa didahului peleburan dua sel gamet. Dapat dibedakan menjadi dua macam:

#### a. Perkembangbiakan vegetatif alami

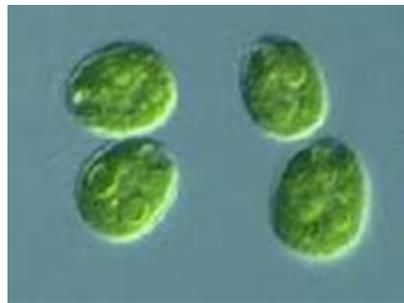
Yaitu terjadi individu baru tanpa adanya campur tangan manusia. Reproduksi seperti ini terjadi dengan beberapa cara, yaitu:

- 1) Dengan pembelahan sel, terjadi pada tumbuhan bersel satu, misalnya alga bersel satu *Chlorella*, *Chlamydomonas*, dll. (bukan tumbuhan)
- 2) Dengan menghasilkan spora vegetatif, misalnya pada tumbuhan paku, fungi, dan ganggang
- 3) Dengan rhizoma atau akar tinggal: pada irut, bunga tasbih, lengkuas, temulawak, dan kunyit.

- 4) Dengan stolon atau geragih, misalnya pada pegagan (*Sentela asiatica*), rumput teki (*Cyperus rotundus*), arbei, dan lain sebagainya.
- 5) Dengan umbi batang, misalnya pada kentang (*Solanum tuberosum*).
- 6) Dengan umbi lapis, misalnya pada bawang merah (*Allium cepa*).
- 7) Dengan tunas, misalnya pada bambu (*Gigantochloa sp*).
- 8) Dengan tunas adventif, misalnya pada cocor bebek



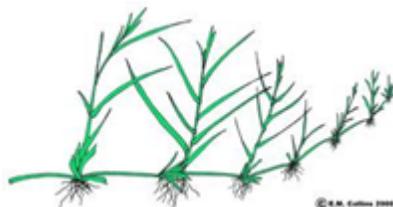
spora pada sporofil Paku



pembelahan sel pada Chlorella



Rhizoma lengkuas



Stolon pada rumput



Umbi lapis bawang merah



Umbi batang pada wortel



Tunas pada bambu

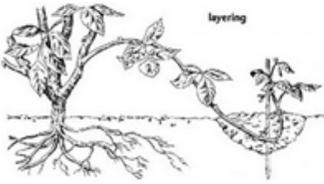


Tunas adventif pada Cocor Bebek

b. Reproduksi vegetatif buatan

Selain itu tumbuhan dapat juga berkembang biak dengan cara tak kawin dan dengan bantuan manusia, biasa disebut reproduksi secara vegetatif buatan, misalnya: mencangkok, stek, okulasi, mengenten, dan merunduk.

 <p>1. Pengupasan kulit batang</p> <p>2. Pembukaan kantong plastik berisi media</p> <p>3. Cabang yang sudah dikupas kulitnya dimasukkan ke dalam kantong media</p> <p>4. Teknik pencangkokan yang efektif dan efisien telah selesai</p>	<p>a. Mencangkok</p> <p>Tumbuhan yang biasa dicangkok adalah tumbuhan dikotil seperti jambu, sawo, rambutan, mangga, jeruk, dan lain-lain. Tujuan mencangkok adalah agar diperoleh tumbuhan baru yang cepat berbuah dan sifatnya sama dengan induknya.</p>
 <p>Mata tunas</p> <p>Batang pokok disayat kulitnya</p> <p>Mata tunas ditempelkan</p> <p>Dikat dengan tali raffia sampai tunas tumbuh</p>	<p>b. Menempel (okulasi)</p> <p>Menempel adalah menggabungkan bagian tubuh dua tanaman yang berbeda. Umumnya dua jenis tanaman yang digabungkan tersebut masing-masing mempunyai kelebihan. Misalnya tumbuhan mangga berakar kuat, buahnya sedikit, dengan tumbuhan mangga yang berakar lemah, buahnya banyak. Maka cara menempelnya, pada batang tumbuhan yang berakar kuat, ditempelkan kulit yang mempunyai calon tunas dari batang tumbuhan mangga yang berbuah banyak tetapi</p>

	berakar lemah tadi.
 <p>The diagram, labeled 'layering', illustrates a plant with a main stem and a branch that is bent down and buried in the soil. The buried part of the branch is shown developing its own root system, while the main stem remains above ground.</p>	<p>c. Merunduk  Cara ini dilakukan dengan merundukkan dan kemudian membelokkan ke bawah batang atau cabang tanaman. Pada bagian cabang yang tertimbun tanah kemudian akan tumbuh akar-akar. Setelah akar-akarnya kuat cabang yang berhubungan dengan batang induk dipotong. Tanaman yang biasa dikembangkan dengan merunduk adalah apel, anyelir, alamanda, selada air, anggur, dan lain sebagainya.</p>
 <p>The three photographs show the hands of a person performing grafting. The first photo shows a stem being cut with a sharp tool. The second photo shows the cut ends of two stems being aligned. The third photo shows the two stems being joined together, likely with a grafting union or tape.</p>	<p>d. Mengenten (menyambung/kopulasi)  Pada dasarnya menyambung sama dengan menempel. Cara ini banyak dilakukan pada singkong dan buah-buahan. Mula-mula biji disemaikan. Setelah tumbuh lalu disambung dengan ranting/cabang dari pohon sejenis yang buahnya baik. Kemiringan</p>

	<p>potongan <math>\pm 45^\circ</math>. Diameter batang atas harus sesuai dengan diameter batang bawah. Kedua sambungan itu diikat dengan kuat. Diusahakan agar tidak terjadi infeksi. Buah yang dihasilkannya akan sama dengan buah yang dihasilkan pohon asalnya.</p>
	<p>e. Stek Stek adalah memperbanyak dengan potongan-potongan batang, yang ditanam, lalu tumbuh menjadi tanaman baru. Potongan-potongan tersebut harus punya buku-buku. Banyak dilakukan terhadap ubi kayu, tebu, tanaman pagar, dan lain-lain.</p>

Banyak petani yang mengembangkan cara reproduksi pada tanaman buah-buahan, tanaman liar, dan lain-lain dengan cara mencangkok, stek, merunduk, okulasi, mengenten dan lain-lain. Cara ini memberikan beberapa keuntungan antara lain:

- Sifat tanaman baru akan sama persis dengan sifat tanaman induk.
- Cepat menghasilkan buah.
- Disamping itu ada pula beberapa kerugian, antara lain:

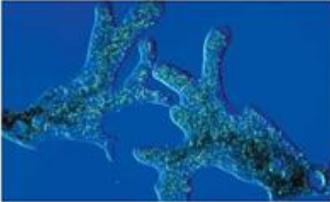
- Tanaman yang berasal dari stek ataupun mencangkok umumnya mempunyai sistem perakaran yang kurang kuat.
- Perkembangbiakan secara vegetatif dapat menghasilkan sedikit keturunan.
- Bila tanaman hasil reproduksi vegetatif dipotong ranting-rantingnya maka dapat menyebabkan menurun pertumbuhannya.
- Karena dalam reproduksi secara vegetatif tidak terjadi penggabungan sifat-sifat dari induknya, maka dihasilkan keturunan baru yang sifatnya sama dengan sifat induknya.

#### **D. Reproduksi pada Invertebrata**

##### 1. Perkembangbiakan aseksual

Perkembangbiakan secara aseksual pada hewan invertebrata terjadi dengan cara:

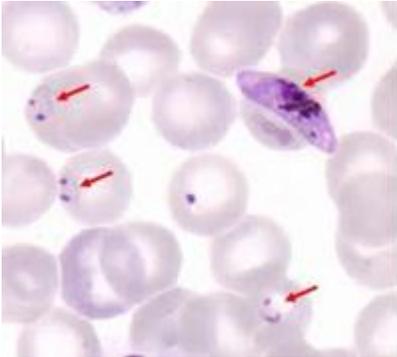
- Membelah diri (pembelahan biner), yaitu pembelahan diri dari satu sel menjadi dua sel baru. Misalnya, terjadi pada Protozoa.
- Fragmentasi, yaitu pemisahan sebagian sel dari suatu koloni dan selanjutnya membentuk koloni sel baru. Misalnya, terjadi pada Volvox.
- Sporulasi atau pembentukan spora, misalnya Plasmodium (penyebab malaria) pada fase oosit. Oosit akan membelah dan selanjutnya akan menghasilkan sporozoit.
- Pembentukan tunas, misalnya pada hewan Hydra dan Porifera
- Dengan regenerasi, yaitu sebagian tubuh terpisah dan selanjutnya bagian tadi dapat tumbuh menjadi individu baru yang lengkap. Misalnya pada Planaria dan Bintang Laut



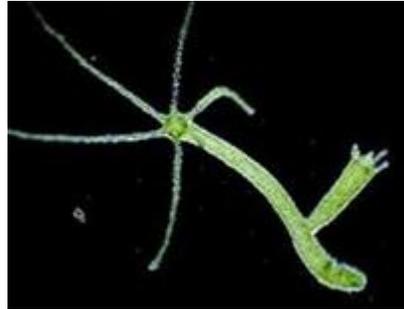
Amoeba, membelah diri



Volvox, berbiak dengan fragmentasi



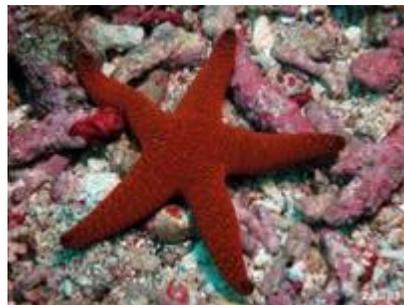
Plasmodium, melakukan sporulasi



Hydra, hewan bertunas



Planaria, regenerasi



Bintang Laut, melakukan regenerasi

## 2. Perkembangbiakan seksual

Pada reproduksi seksual tidak selalu terjadi pembuahan, namun kadang-kadang dapat terbentuk individu baru tanpa adanya pembuahan, sehingga reproduksi secara kawin pada hewan invertebrata dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Tanpa pembuahan, yaitu pada peristiwa partenogenesis, sel telur tanpa dibuahi dapat tumbuh menjadi individu baru. Misalnya pada lebah jantan dan semut jantan.
- b. Dengan pembuahan, dapat dibedakan atas konjugasi dan anisogami.
  - Konjugasi, ini terjadi pada invertebrata yang belum jelas alat reproduksinya misalnya Paramecium.
  - Anisogami, yaitu peleburan dua sel kelamin yang tidak sama besarnya, misalnya peleburan mikrogamet dan makrogamet pada Plasmodium, dan peleburan sperma dengan ovum di dalam rahim.

## E. Reproduksi pada Vertebrata

Vertebrata hanya dapat berkembang biak secara kawin (seksual), yaitu melalui peleburan antara ovum dan spermatozoid. Pembuahan pada vertebrata dapat terjadi di luar tubuh maupun di dalam tubuh. Bila terjadi di luar tubuh disebut fertilisasi eksterna, misalnya pada ikan dan katak. Bila pembuahannya terjadi di dalam tubuh disebut fertilisasi interna. Misalnya pada reptilia, burung, dan hewan menyusui. Perkembangbiakan pada vertebrata dapat dibedakan atas:

1. Ovipar (bertelur), ialah hewan yang meletakkan telur di luar tubuhnya. Embrio berkembang di dalam telur dan

memperoleh sumber makanan dari cadangan makanan dalam telur. Misalnya ikan, burung, amfibia, dan sebagian reptilia.

2. Ovovivipar (bertelur-beranak), ialah hewan yang menghasilkan telur, dan embrio berkembang dalam telur. Pembeda dengan ovipar adalah kelompok hewan ovovivipar tidak mengeluarkan telurnya dari dalam tubuh. Jadi embrio tetap tumbuh di dalam telur tetapi tetap berada di dalam tubuh induk. Saat menetas dan keluar dari tubuh induknya tampak seperti melahirkan. Misalnya, ikan Hiu, kadal, dan beberapa jenis ular.
3. Vivipar (beranak), ialah hewan yang melahirkan anaknya. Embrio berkembang di dalam tubuh induknya dan mendapatkan makanan dari induknya dengan perantaraan plasenta (ari-ari). Misalnya, manusia dan hewan menyusui lainnya.

## F. Reproduksi Tumbuhan dalam Al-Qur'an dan Hadis

Tumbuhan merupakan salah satu makhluk hidup ciptaan Allah yang memiliki banyak sekali manfaat. Tumbuh-tumbuhan dapat memunculkan beberapa zat untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya, misalnya mulai beberapa vitamin-vitamin, minyak dan masih banyak lainnya. Dalam firman-Nya Allah menjelaskan.

QS Al-an'am : 99

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُشْتَبِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

*Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu*

*tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.(QS Al-An'am: 99)*

Tumbuhan mengalami proses pertumbuhan yang sangat rumit. Mulai dari berkecambah dengan melakukan penyerapan air dari dalam tanah tumbuhan pun memulai perkembangannya. Biji yang tadinya tumbuh menjadi kecambah kulitnya pun mulai robek karena perkembangannya. Selanjutnya tumbuhan mulai mengeluarkan akar dan menembus kedalam tanah untuk mencari makanan dan masih panjang lagi perjalanan tumbuhan menjalani proses pertumbuhannya.

Semua proses pertumbuhan. Mulai dari permukaan yang mendapatkan siraman air, pergerakan, perkembangan dan pertumbuhan yang dialami oleh tanaman mulai sejak awal sampai dengan proses selanjutnya sebenarnya telah terangkum dalam kata didalam al-quran, seperti dalam kalimat *ihazzat* yang berarti "bergerak", *wa robot* yang memiliki arti "bertambah atau berkembang", serta *wa anbatat* yang artinya "menumbuhkan". Kata-kata yang telah disebutkan dalam al-quran ini sangatlah sesuai dengan apa yang telah dikemukakan dalam penelitian-penelitian ilmu pengetahuan modern.

*Dia-lah, Yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk kamu, sebahagiannya menjadi minuman dan sebahagiannya (menyuburkan) tumbuh tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kamu menggembalakan ternakmu. Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan*

*itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan (11).(QS An-Nahl: 10-11)*

Di setiap tempat kita dapat menemui berbagai jenis tumbuhan. Entah itu di taman, ladang, pedesaan, perkotaan atau dimanapun itu. Sebagian tumbuh-tumbuhan dapat hidup dimanapun tempatnya. Akan tetapi ada juga beberapa jenis tumbuhan yang hanya dapat tumbuh ditempat tertentu saja. Ada tumbuhan yang hanya bisa tumbuh di daerah tropis, ada pula yang hanya cocok tumbuh didaerah subtropis.

Tumbuhan memiliki banyak spesies serta jenis yang beragam. Dan sama pula dengan makhluk hidup lainnya. Di seluruh penjuru dunia ini terdapat banyak sekali jenis tumbuh-tumbuhan, mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar. Dalam sebuah penelitian telah terdapat 350.000 tumbuh-tumbuhan yang telah terdaftar dari seluruh permukaan bumi. Menurut Abduh, diperlukan pengamatan terhadap jenis tumbuh-tumbuhan dan binatang yang memiliki kekuatan memenuhi kebutuhan-kebutuhan, untuk memelihara wujud hidupnya dengan mempergunakan alat-alat dan anggota-anggotanya yang terletak di badannya.

Tumbuhan dibumi ini diciptakan oleh Allah berpasangan, ada yang jantan dan ada pula yang betina.

سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا

يَعْلَمُونَ ﴿١٦﴾

*Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh*

*bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui. (QS YASIN: 36).*

Buah-buahan hasil dari tumbuhan yang kita makan sebenarnya merupakan hasil reproduksi antara bunga jantan dan bunga betina. yang dalam ilmu biologi sering disebut putik dan serbuk sari. Selesaiannya reproduksi terjadi dengan proses tumbuhnya biji, setelah terbukanya tutup luar (yang mungkin juga terpadat dalam biji). Terbukanya tutup luar itu memungkinkan keluarnya akar yang akan menyerap makanan dari tanah. Makanan itu perlu untuk tumbuh-tumbuhan yang lambat pertumbuhannya, yaitu untuk berkembang dan menghasilkan individu baru. Suatu ayat memberi isyarat kepada pembenihan ini dalam Al-Qur'an surat Al-An'aam ayat 95 yang artinya :

*"Sesungguhnya Allah membelah butit tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan."*

Proses kehidupan tumbuhan mulai dari pertumbuhan awal sampai menghasilkan buah tersusun dari berbagai sel-sel. Mulai dari sel untuk menyimpan makanan yang telah diserap, sel pertumbuhan serta sel-sel lainnya.

Semua sel pada tumbuhan dibatasi oleh dinding-dinding sel yang terbuat dari selulosa. Selulosa yang masih muda dinding selnya sangatlah tipis sedangkan semakin tua selulosanya maka sel dinding sel semakin tebal. Itulah penyebab mengapa tumbuhan yang masih muda memiliki sifat yang lunak, lain halnya dengan tumbuhan yang tumbuh semakin tua maka semakin keras pula tumbuhannya itu.

Dalam setiap sel tumbuhan hijau daun mengandung klorofil untuk menyerap energi matahari. Klorofil

menyerap energi matahari dan digunakan sebagai makanan. Energi yang telah terserap oleh klorofil akan tersimpan dalam tumbuhan tersebut. Yang sangat menajubkan bahwa tumbuhan hijaudapat menyimpan energi hingga jutaan tahun dalam bentuk fosil.

Banyak tumbuh-tumbuhan yang oleh Allah disebutkan dalam Al-quran dan tumbuhan tersebut memiliki banyak manfaat dan khasiat. Misalnya tumbuhan kurma, jahe, pohon tin dan masih banyak yang lainnya.

#### Kurma Dalam Perspektif Islam

Khusus untuk buah kurma, Allah mengistimewakannya yang telah tertuliskan dalam beberapa ayat. Allah *Subhanahu wa Ta'ala* telah melebihkan kurma dari buah-buahan yang lain, Allah *Subhanahu wa Ta'ala* menyebutnya di 20 tempat yang berbeda di dalam Al-Qur'an dengan memakai lafadz pohon kurma : an – *Nakhl,an-Nakhiil atau an-Nakhlah*.

Dalam Al-Qur'an terdapat banyak surat yang meenjelaskan tentang kurma atau tamr,diantaranya yaitu: Ar-Rahman: 11, Al-Qaf:10, Yaasiin: 67, Ar-Ra'du: 4, Maryam: 25-26 (Dalam menjelaskan ayat ini Ibnu Katsir rahimahullah membawakan perkataan 'Amr bin Maimun di dalam tafsirnya : 'Tiada sesuatu yang lebih baik dari perempuan nifas kecuali kurma kering dan kurma basah'), Maryam :23, Al-Baqarah: 266, Al-An'am: 99, Al-An'am: 141, An-Nahl: 11, An-Nahl: 67, Al-Isra': 91, Al-Kahfi:32, At-Taha: 71,Al-Mu'minin: 19, Yaasiin: 34, Qamar: 20, Ar-Rahman: 68, Al-Haaqah: 7 dan 'Abasa: 29.

Dalam Shahih Buhari dan Muslim, diriwayatan oleh Saad bin Abi Waqash, dari Nabi *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* beliau bersabda 'Barangsiapa mengkonsumsi kurma Ajwah pada pagi hari, maka pada hari itu ia tidak akan terkena racun atau sihir'.

Allah berfirman dalam Q.S.Maryam:25-26 yang artinya :

“Dan goyanglah pangkal pohon kurma itu ke arahmu, niscaya pohon itu akan menggugurkan buah kurma yang masak kepadamu. Maka makan, minum dan bersenang hatilah kamu jika kamu melihat seorang manusia, Maka katakanlah:”Sesungguhnya Aku telah bernadzar berpuasa untuk Tuhan Yang Maha Pemurah, Maka Aku tidak akan berbicara dengan seorang manusiapun pada hari ini”.(QS.Maryam:25-26)

Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* sering menjelaskan manfaat kurma, antara lain : Memakan 7 buah kurma dapat menangkal racun dan sihir. Dalam Shahih Buhari dan Muslim, diriwayatkan oleh Saad bin Abi Waqash, dari Nabi *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* beliau bersabda ‘Barangsiapa mengkonsumsi kurma Ajwah pada pagi hari, maka pada hari itu ia tidak akan terkena racun atau sihir’. Ajwah merupakan salah satu jenis kurma yang berasal dari Madinah, dikenal sebagai kurma Hijaz yang terbaik dari seluruh jenisnya. Bentuknya bagus, padat dan agak keras, namun termasuk kurma yang paling lezat, harum dan empuk. Biasanya kalau anda survey ke pasar, dia memiliki harga yang paling tinggi diantara yang lain.

Kurma Ajwa berasal dari surga dan dapat mengobati racun Sebagaimana sabda Rosululloh *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* : “Kurma ‘Ajwah itu berasal dari Surga, ia adalah obat dari racun”. HR. Ibnu Majah dengan sanad yang shahih. Kurma mencegah pemiliknya dari kelaparan Rumah yang tidak ada tamr (kurma kering) didalamnya, akan membikin lapar penghuninya (HR. Muslim no. 2046).

Untuk melengkapi pengetahuan kita tentang kurma, kali ini kita lihat manfaat kurma dari tinjauan medis modern :

1. Tamr (kurma kering) berfungsi untuk menguatkan sel-sel usus dan membantu melancarkan saluran kencing(dengan cara merebusnya), karena mengandung serabut-serabut yang bertugas mengontrol laju gerak usus dan menguatkan rahim tatkala melahirkan.
2. Kurma basah (ruthab) juga mencegah terjadinya pendarahan pada wanita saat melahirkan dan mempercepat pengembalian posisi rahim seperti semula. Hal ini disebabkan adanya hormone oxytocine.
3. Dapat menenangkan sel-sel syaraf melalui pengaruhnya terhadap kelenjar gondok.
4. Buah kurma dapat mencegah stroke, karena mengandung unsur kalium yang tinggi yang dibutuhkan untuk mengatur denyut nadi jantung, mengaktifkan kontraksi otot dan membantu mengatur tekanan darah.
5. Kurma juga mengandung salisilat yang dikenal sebagai bahan baku aspirin, obat pengurang rasa sakit dan demam, dan dapat mempengaruhi prostate gland (kelompok asam lemak hidroksida yang merangsang kontraksi otot, menurunkan tekanan darah).
6. Buah kurma mengandung banyak zat garam mineral yang menetralisasi asam, seperti kalsium dan potassium. Ia meninggalkan sisa yang mampu menetralisasi asam setelah dikunyah dan dicerna yang timbul akibat mengonsumsi protein seperti ikan dan telur.
7. Buah kurma mengandung vitamin A yang baik dimana ia dapat memelihara kelembaban dan kejelian mata, menguatkan penglihatan, pertumbuhan tulang, metabolisme lemak, kekebalan terhadap infeksi, kesehatan kulit dan menenangkan sel-sel syaraf.

## Jahe Dalam Perspektif Islam

Jahe telah disebutkan oleh Allah dalam firmanNya QS Al-Insan ayat 17 yang artinya:

*Di dalam syurga itu mereka diberi minum segelas (minuman) yang campurannya adalah jahe.*

Jahe merupakan tumbuhan yang memiliki berbagai manfaat. Dengan memanfaatkan akarnya, kita dapat menggunakan jahe sebagai obat seperti untuk menghangatkan badan untuk menghilangkan masuk angin dan lain sebagainya. Selain digunakan sebagai obat, jahe biasanya juga dipakai untuk rempah-rempah, pewangi makanan dan lain sebagainya.

Abu Nu'a'im di dalam kitab ath-Thibb an-Nawawi menyebutkan riwayat dari hadits Abu Sa'id al-Khudriyy, ia berkata, "Raja (kaisar) Romawi memberi hadiah kepada Nabi saw. Berupa satu bejana berisi jahe, lalu beliau memberi makan masing-masing orang satu potong, beliau juga memberiku sepotong".

## Pohon Tin Dalam Perspektif Islam

Ayat Al-qur'an yang membahas buah tin yaitu pada surat At-Tin surah 95 ayat 1-8, yang berbunyi:

وَالَّذِينَ وَالزَّيْتُونَ-١- وَطُورِ سَيْنِينَ -٢- وَهَذَا الْبَلَدِ الْأَمِينِ -٣- لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ فِي أَحْسَن تَقْوِيمٍ -٤- ثُمَّ رَدَدْنَاهُ أَسْفَلَ سَافِلِينَ -٥- إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ فَلَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ -٦- فَمَا يُكَذِّبُكَ بَعْدُ بِالذِّينِ -٧- أَلَيْسَ اللَّهُ بِأَحْكَمَ الْحَاكِمِينَ -٨-

*Artinya:*

*Demi (buah) Tin dan (buah) Zaitun. (2) Dan demi Bukit Sinai. (3) Dan demi kota (Mekkah) ini yang aman. (4) Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya. (5) Kemudian Kami kembalikan dia ke tempat yang serendah-rendahnya (neraka). (6) Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal*

*saleh, maka bagi mereka pahala yang tiada putus-putusnya. (7) Maka apakah yang menyebabkan kamu mendustakan (hari) pembalasan sesudah (adanya keterangan-keterangan) itu? (8) Bukankah Allah Hakim yang seadil-adilnya? (Q.S At-tin surah 95, ayat 1-8).*

Kata tin dalam al-qur'an hanya disebut satu kali, yaitu dalam surat ini, ada ahli tafsir yang menyebutkan bahwa tin adalah jenis buah yang terdapat di Timur Tengah. Kata zaitun disebut empat kali dalam Al-qur'an. Tidak semua ahli tafsir sependapat bahwa yang di maksud Tin dan Zaitun adalah nama buah. Ada yang berpendapat bahwa Tin adalah nama bukit tempat Nabi Ibrahim a.s menerima wahyu, sedangkan Zaitun adalah nama bukit di daerah Yerusalem tempat nabi Isa menerima wahyu. Jadi, Tin dan Zaitun adalah dua tempat yang di anggap bersejarah.

Tin dan Zaitun ialah dua tempat, yang di masing-masing tempat itu Allah telah membangkitkan Nabi-nabi utusan-Nya, Rasul-rasul yang terkemuka, mempunyai syariat yang besar-besar. Pertama tempat yang di sana banyak tumbuh Tin dan Zaitun. Itulah Baitul-Maqdis. Di sanalah Tuhan mengutus Isa bin Maryam.

Menurut Jazairi (2009) "Maka firman Tuhan. Demi buah tin, demi buah zaitun. Demi Bukit Thurisinina. Demi negeri yang aman ini," adalah sumpah kemuliaan yang dianugerahkan Tuhan kepada ketiga tempat yang mulia lagi agung, yang di sana sinar Allah dan petunjuk-Nya dan ketiga tempat itu diturunkan ketiga kitab-Nya: Taurat, Injil dan Al-Qur'an, sebagaimana yang telah disebutkan dalam Taurat: "Datang Allah dari Torsina, telah terbit di Seir dan gemerlapan cahayanya dari gunung Paran." Sekedar itu kita salinkan dari Ibnu Taimiyah.

Para ahli tafsir berbeda pendapat tentang sumpah Allah SWT dengan Tin dan Zaitun. Sebagian dari mereka

berpendapat bahwa sumpah itu berkenaan dengan keduanya secara dzatiah yakni Tin dan Zaitun, karena banyaknya kegunaan masing-masing keduanya disebut disebabkan oleh adanya peristiwa agung yang sangat berpengaruh pada kehidupan manusia ( Nabi Adam), ernaung di bawah pohon Tin di surga. Adapun ketika tampak aurat istrinya, keduanya segera menutupi aurat masing-masing dengan daun pohon Tin (Mahran, 2005).

Hampir seluruh ahli tafsir sependapat kalau yang dimaksud Thur Sinin pada ayat ke 2 dan 3 adalah bukit Tursina atau yang lebih dikenal dengan nama bukit Sinai, yaitu bukit yang berada di Palestina, tempat Nabi Musa menerima wahyu, sementara yang dimaksud Baladil Amiin adalah kota mekkah, tempat Nabi Muhammad menerima wahyu. Dengan empat ayat diatas, Allah bersumpah dengan empat tempat penting, yaitu Tin, Zaitun, Tursina ( bukit sanai) dan kota Mekkah ( Baladil Amiin), dimana tempat tersebut Nabi Ibrahim a.s, Musa a.s, Isa a.s dan Nabi Muhammad saw menerima wahyu untuk memberikan bimbingan dan pencerahan hidup pada umat manusia untuk menjaga manusia agatr tetap berada dalam kemuliaannya (Amiruddin, 2004).

Setelah Allah SWT bersumpah menyebut tempat suci itu (Tin dan Zaitun) tempat memancarkan cahaya Tuhan yang benderang, ayat-ayat ini seakan-akan menyampaikan pesan bahwa manusia yang diciptakan Allah dalam bentuk fisik dan psikis yang sebaik-baiknya akan bertahan dalam keadaan seperti itu selama mereka mengikuti petunjuk-petunjuk yang di sampaikan kepada para Nabi didalam tempat-tempat suci itu ( Tin dan Zaitun) lalu pada ayat selanjutnya menjelaskan bahwa manusia diciptakan dengan bentuk sebaik-baiknya (Shihab, 2003).

Allah swt dalam ayat ke empat ini menegaskan secara eksplisit bahwa manusia itu di ciptakan dalam

bentuk yang sempurna. Ar-Raghib al-Ashfahani pakar bahasa memandang *katataqwim* diartikan sebagai isyarat tentang keistimewaan manusia dibandingkan binatang, yaitu akal, pemahaman dan bentuk fisiknya yang tegak lurus. Jadi, *ahsan taqwim* berarti bentuk fisik dan psikis yang sebaik-baiknya, yang menyebabkan manusia dapat melaksanakan fungsinya sebaik mungkin (Shihab, 2003).

Manusia yang telah diciptakan Allah dalam bentuk sebaik-baiknya karena satu dan lain hal sehingga kemudian Kami Allah bersama dengan manusia itu sendiri mengembalikannya ketingkat yang serendah-rendahnya (Mushthafa, 1988).

Kalau binatang menghalalkan segala cara untuk memenuhi kebutuhan perut dan syahwat biologisnya, kita tidak bisa mengategorikannya sebagai perbuatan hina, karena binatang tidak diberi akal dan nurani. Namun, kalau manusia melakukan hal yang sama seperti binatang, kita mengkatégorikannya sebagai perbuatan hina karena manusia diberi akal dan nurani untuk mengontrol perbuatannya. Kalau manusia tidak menggunakan akal sehat dan nurani untuk mengarungi kehidupan, berarti derajat manusia anjlok (Amiruddin, 2004).

Orang tidak akan turun pada derajat yang paling rendah adalah orang-orang beriman. iman biasanya diartikan dengan membenaran. Sementara ulama mendefinisikan iman dengan “pembenaran hati terhadap seluruh yang disampaikan oleh Nabi Muhammad saw”. Dengan demikian, iman tidak terbatas pada pengakuan akan keesaan Tuhan, tetapi mencakup membenaran tentang banyak hal (Shihab, 2003).

Artinya: “ maka apakah yang menyebabkan kamu mendustakan hari pembalasan sesudah adanya keterangan-keterangan itu? (7) Bukankah Allah itu hakim yang seadil-adilnya(8). Bentuk pertanyaan pada ayat ini, dalam bahasa

arab disebut *istifham inkari*. Mengandung penegasan bahwa tidak ada alasan apapun yang patut membuat manusia mendustakan hari pembalasan dan mengingkari ajaran-ajaran Allah, hakim yang bijaksana yaitu Allah.

Buah Tin tidak terdapat di kota Hijaz dan Al-Madinah, sehingga tidak ada hadist yang menyebutkan buah ini. Karena tanah tempat tumbuhnya buah ini berlawanan dengan tanah tempat tumbuhnya pokok kurma. Akan tetapi Allah pernah bersumpah atas nama buah ini dalam Al-qur'an karena buah ini mengandung banyak khasiat dan kegunaan.

Manfaat buah tin antara lain yaitu

1. Kandungan *kalium*, *omega 3* dan *omega 6* bersama *fenol* dan *magnesium* pada buah tin atau Ara membantu untuk menurunkan tekanan darah tinggi dan menjaga seseorang dari serangan jantung koroner.
2. Buah Tin atau Ara mengandung serat makanan (*dietary fiber*) yang tergolong tinggi, menjadikan buah ini sangat efektif untuk program penurunan berat badan. Buah Tin merupakan salah satu buah yang sering dijadikan buah rekomendasi para ahli diet dan ahli gizi di Amerika dan Eropa.
3. Serat larut pada buah Tin disebut yang disebut *pektin* membantu dalam mengurangi kolesterol darah. Ketika serat ini melewati sistem pencernaan, serat *pektin* ini menyapu bola-bola kolesterol dalam usus dan membawanya keluar dari tubuh.
4. Buah Tin atau Ara dapat menurunkan dan mengontrol tekanan darah tinggi karena buah Tin tinggi akan *kalium (potassium)*, mineral yang berperan mengontrol *hipertensi* (tekanan darah tinggi). Beberapa orang kekurangan *kalium* karena

mereka menghindari makan buah-buahan dan sayur-sayuran dan mengkonsumsi lebih banyak natrium, bahan yang terutama digunakan pada makanan kemasan. Bagi penderita kencing manis (*diabetes*), serat yang terdapat di dalam buah Tin dapat memperlambat proses penyerapan *glukosa* di usus kecil.

5. Mengkonsumsi buah Tin atau buah Ara secara rutin dapat membantu mengurangi risiko kanker payudara dan kanker *kolon* (usus besar). Di dalam buah Tin mengandung "*polyphenols*" yang tinggi; dimana zat ini berfungsi sebagai antioksidan yang amat penting bagi.
6. Bila diterapkan pada kulit, buah Tin atau Ara yang dipanggang bisa menyembuhkan radang seperti abses (bisul bernanah) dan bisul-bisul.
7. Buah Tin juga dapat bertindak sebagai pembersih kulit yang sangat baik; juga membantu dalam mencegah dan menyembuhkan jerawat.

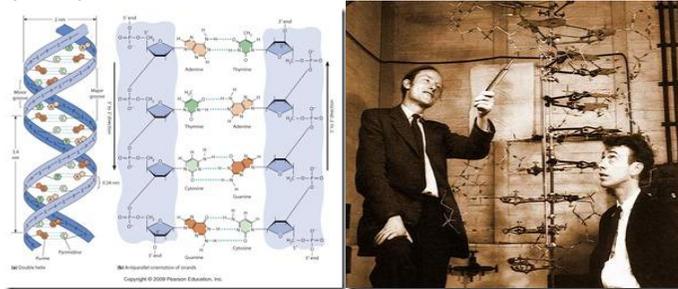
# BAB VIII

## PRINSIP DASAR GENETIKA

### A. Materi Genetis

#### 1. Asam Deoksiribonukleat (ADN)

Menurut hasil penelitian, bahan dasar yang membentuk inti sel adalah suatu protein yang dikenal dengan nama nukleoprotein. Nukleoprotein terdiri dari protein dan asam nukleat. Ada beberapa macam asam nukleat, tetapi yang berhubungan dengan faktor penurunan sifat hanya ada dua yaitu asam deoksiribonukleat (ADN) dan asam ribonukleat (ARN).



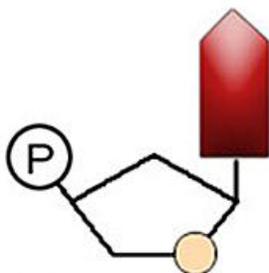
Gambar Struktur ADN

Gambar Watson dan Crick  
(Penemu Struktur ADN)

Model struktur ADN pertamakali diajukan oleh James D. Watson dan Francis Crick pada tahun 1953, yang dibuat berdasarkan analisis foto defraksi sinar X. Menurut Watson dan Crick ADN berbentuk double helix yaitu bentuk seperti tangga terpilin yang sangat panjang. Setiap ADN disusun oleh dua buah rantai polinukleotida. Rantai polinukleotida dibentuk oleh banyak nukleotida yang berikatan satu sama lain. Satu nukleotida dibentuk oleh komponengugus gula pentosa (deoksiribosa), gugus fosfat, dan gugus basa

nitrogen. Bahan dasar pembentuk nukleotida adalah nukleosida, yaitu bentuk ikatan antara gula pentosa dengan basa nitrogen. Bila nukleosida mengikat fosfat akan membentuk nukleotida.

Basa nitrogen pada ADN ada dua macam yaitu purin dan pirimidin. Purin terdiri atas adenin (A) dan guanin (G), sedangkan pirimidin terdiri atas timin (T) dan sitosin (S). Adenin selalu berpasangan dengan timin dan dihubungkan oleh dua ikatan hidrogen, sedangkan guanin selalu berpasangan dengan sitosin dan dihubungkan oleh tiga ikatan hidrogen.



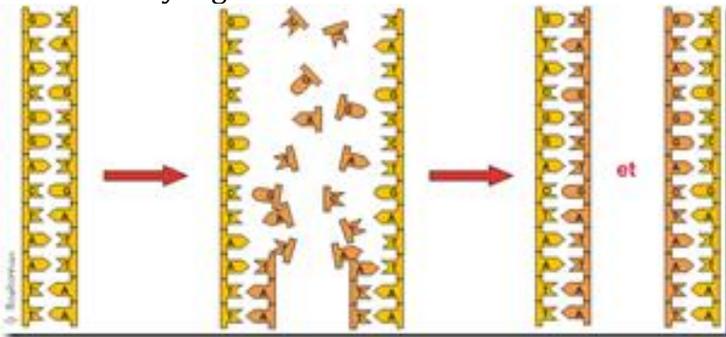
Gambar Struktur Nukleotida

ADN memiliki kemampuan untuk menggandakan diri (mereplikasi) secara sangat tepat. Proses ini umumnya terjadi saat interfase. Pada proses replikasi akan dihasilkan rantai ADN baru dari rantai ADN yang telah ada. Proses replikasi dimulai dengan membukanya rantai ganda polinukleotida, kemudian setiap rantai polinukleotida lama akan membentuk rantai polinukleotida baru pasangannya. Pada akhir replikasi diperoleh dua ADN yang tepat sama masing-masing terdiri atas rantai polinukleotida lama dan baru yang saling melilit. Dalam proses tersebut diperlukan bahan berupa ATP, enzim (ADN polimerase, ligase, dan helikase), dan deoksiribonukleosida.

Ada tiga hipotesis yang pernah diajukan mengenai proses replikasi ADN yaitu konservatif, semi konservatif, dan disversif.

- Hipotesis konservatif menyatakan bahwa ADN hasil replikasi masing-masing terdiri atas ADN dengan rantai baru dan ADN dengan rantai lama yang saling melilit.
- Hipotesis semikonservatif menyatakan bahwa ADN hasil replikasi keduanya terdiri atas satu rantai lama dan satu rantai baru.
- Hipotesis disversif menyatakan bahwa ADN hasil replikasi terdiri dari gabungan segmen nukleotida rantai lama dan rantai baru.

Penelitian menunjukkan bahwa hipotesis semi konservatiflah yang benar.



GambarSkema Replikasi AND Tipe Semikonservatif

## 2. Asam Ribonukleat (ARN)

Fungsi pengendalian sifat yang dimiliki ADN didasarkan pada fungsinya sebagai perancang sintesis protein yang diperlukan dalam pembentukan enzim maupun penyusun struktur sel. Dalam proses sintesis protein ADN berperan sebagai perancang, sedangkan pelaksanaannya adalah asam ribonukleat (ARN).Sebelum

sintesis protein berlangsung ARN akan dibentuk dulu oleh ADN di dalam nukleus dalam proses transkripsi.

ARN berupa rantai tunggal polinukleotida dan dibentuk oleh ribonukleotida yaitu ikatan antara fosfat, gula pentosa (ribosa), dan basa nitrogen. Berbeda dengan ADN, basa nitrogen pirimidin pada ARN terdiri atas urasil (T) dan sitosin (S), sedangkan purin terdiri atas adenin (A) dan guanin (G). Jadi pada ARN timin digantikan oleh urasil.

Ada tiga jenis ARN yang berperan dalam sintesis protein:

- ARN duta (ARNd): Berfungsi membawa informasi susunan protein dari ADN dalam inti sel ke ribosom yang berada dalam sitoplasma.
- ARN ribosom (ARNr): ARNr terdapat dalam ribosom dan menyusun 50% – 60% struktur ribosom. Fungsi sebenarnya dari ARNr sampai sekarang belum diketahui. Diduga ARNr membantu proses sintesis protein.
- ARN transfer (ARNt): ARNt didapati dalam sitoplasma dan berfungsi mengikat dan membawa asam amino menuju ribosom

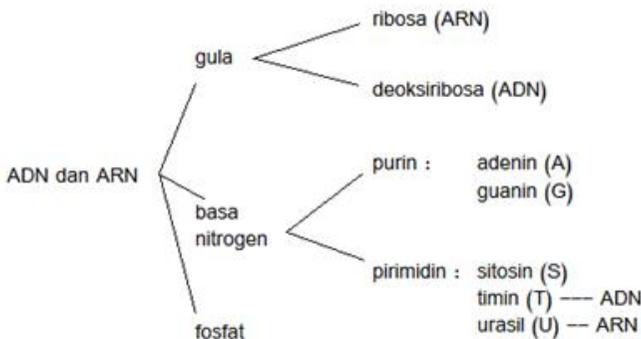
Berikut ini adalah beberapa perbedaan struktur antara ADN dan ARN.

Asam Deoksiribonukleat (ADN)	Asam Ribonukleat (ARN)
Ditemukan di dalam nukleus, mitokondria, dan kloroplas	Ditemukan di dalam nukleus, sitoplasma, dan ribosom
Berbentuk rantai ganda (double helix) yang sangat panjang	Berbentuk rantai tunggal pendek
Fungsinya berhubungan erat dengan penurunan sifat dan sintesis protein	Fungsinya berhubungan erat dengan pelaksanaan sintesis protein
Kadarnya tidak dipengaruhi oleh aktivitas sintesis protein	Kadarnya dipengaruhi oleh aktivitas sintesis protein
Basa nitrogennya terdiri dari	Basa nitrogennya terdiri dari

purin (adenin dan guanin) dan pirimidin (timin dan sitosin)	purin (adenin dan guanin) dan pirimidin (urasil dan sitosin)
Komponen gulanya deoksiribosa, yaitu gula ribosa yang kehilangan satu atom oksigen	Komponen gulanya ribosa

### 3. Komponen penyusun ADN dan ARN

Pada prinsipnya komponen penyusun ADN dan ARN sebenarnya sama. Baik ADN maupun ARN dibentuk oleh tiga bahan utama yaitu: gula ribosa, basa nitrogen, dan fosfat. Perbedaan bahan penyusun ADN dan ARN ada pada jenis gula ribosa dan basa nitrogen primidinnnya. Gula ADN adalah deoksiribosa, sedangkan ARN adalah gula ribosa. Basa nitrogen pirimidin pada ADN ada timin, sedangkan pada ARN timin diganti urasil.



Struktur paling dasar pembentuk ADN dan ARN (monomer) adalah ikatan antara gula dengan basa nitrogen yang disebut nukleosida. Jika nukleosida ini berikatan dengan dengan fosfat (P) mereka disebut nukleotida. Nukleotida pada ADN akan berikatan satu sama lain membentuk rantai panjang yang memiliki berpasangan. Karena itu ADN sering disebut rantai ganda polinukleotida yang berbentuk doublehelix (pita terpilin). Sedangkan pada ARN nukleotida juga berikatan satu sama lain membentuk

rantai polinukleotida tetapi berukuran pendek dan berupa rantai tunggal. Nukleotida pembentuk ADN disebut deoksiribonukleotida (nukleotida yang berikatan dengan gula deoksiribosa) sebanyak 4 macam sesuai dengan jenis basa nitrogen, yaitu:

- deoksiadenosinmonofosfat / dAMP (basa nitrogen adenin)
- deoksiguanosinmonofosfat / dGMP (basa nitrogen guanin)
- timidinmonofosfat / TMP (basa nitrogen timin)
- deoksitidinmonofosfat / dCMP (basa nitrogen sitosin)

Nukleotida pembentuk ARN disebut ribonukleotida (nukleotida yang berikatan dengan gula ribosa) sebanyak 4 macam sesuai dengan jenis basa nitrogen, yaitu:

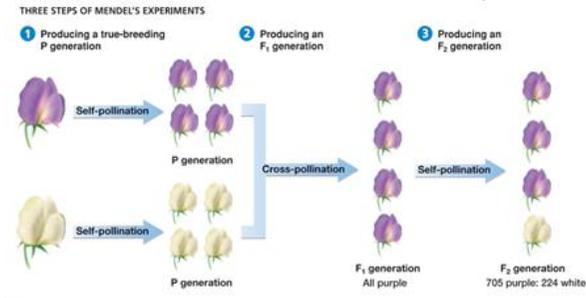
- adenosinmonofosfat / AMP (basa nitrogen adenin)
- guanosinmonofosfat / GMP (basa nitrogen guanin)
- uridinmonofosfat / UMP (basa nitrogen urasil)
- sitidinmonofosfat / CMP (basa nitrogen sitosin)

Para nukleotida itulah yang akan digunakan pada proses replikasi untuk membentuk rantai baru ADN, juga digunakan pada proses transkripsi sewaktu pencetakan ARNd oleh ADN.

## **B. Hukum Mendel**

Tokoh peletak prinsip dasar genetika adalah Gregor Johan Mendell seorang biarawan dan penyelidik tanaman berkebangsaan Austria. Pada tahun 1866 Mendell melaporkan hasil penyelidikannya selama bertahun-tahun atas kacang ercis/kapri (*Pisum sativum*). Untuk mempelajari sifat menurun Mendell menggunakan kacang ercis dengan alasan: memiliki pasangan sifat yang menyolok, bisa melakukan penyerbukan sendiri, segera

menghasilkan keturunan atau umurnya pendek, mampu menghasilkan banyak keturunan, dan mudah disilangkan.



Gambar tiga langkah eksperimen yang dilakukan Mendell

Dari hasil penelitiannya tersebut Mendell menemukan prinsip dasar genetika yang lebih dikenal dengan Hukum Mendell.

#### 1. Hukum Mendell I/Hukum Pemisahan Bebas

Hukum Mendell I dikenal juga dengan Hukum Segregasi menyatakan: *'pada pembentukan gamet kedua gen yang merupakan pasangan akan dipisahkan dalam dua sel anak'*. Hukum ini berlaku untuk persilangan monohibrid (persilangan dengan satu sifat beda).

Contoh dari terapan Hukum Mendell I adalah persilangan monohibrid dengan dominansi. Persilangan dengan dominansi adalah persilangan suatu sifat beda dimana satu sifat lebih kuat daripada sifat yang lain. Sifat yang kuat disebut sifat dominan dan bersifat menutupi, sedangkan yang lemah/tertutup disebut sifat resesif.

Perhatikan contoh berikut ini:

Disilangkan antara mawar merah yang bersifat dominan dengan mawar putih yang bersifat resesif.

$P_1$  (parental) : mawar merah x mawar putih  
 genotif : MM mm  
 G (gamet) : M m  
 $F_1$  (filial) : Mm (fenotif merah 100%)

$P_2$  :  $F_2$  x  $F_1$   
 Mm x Mm  
 G : M dan m x M dan m  
 $F_2$  :

	M	m
M	MM	Mm
m	Mm	mm

Keterangan:  
 MM = merah  
 Mm = merah  
 mm = putih

Rasio fenotif dan rasio genotif pada  $F_2$

Rasio fenotif $F_2$ = merah : putih	3	1	
Rasio genotif $F_2$ = MM : Mm : mm	1	2	1

Persilangan monohibrid dengan kasus intermediet. Sifat intermediet adalah sifat yang sama kuat, jadi tidak ada yang dominan ataupun resesif. Contoh: disilangkan antara mawar merah dengan mawar putih

$P_1$  (parental) : mawar merah x mawar putih  
 genotif : MM mm  
 G (gamet) : M m  
 $F_1$  (filial) : Mm (fenotif merah muda 100%)

$P_2$  :  $F_1$  x  $F_1$   
 Mm x Mm  
 G : M dan m x M dan m  
 $F_2$  :

	M	m
M	MM	Mm
m	Mm	mm

Keterangan:  
 MM = merah  
 Mm = merah muda  
 mm = putih

Rasio fenotif dan rasio genotif pada  $F_2$  monohibrid

Rasio fenotif $F_2$ = merah : merah muda : putih	1	2	1
Rasio genotif $F_2$ = MM : Mm : mm	1	2	1

Jadi pada intermediet, rasio fenotif = rasio genotif

- Hukum Mendell II/Hukum Berpasangan Bebas  
 Hukum Mendell II dikenal dengan Hukum *Independent Assortment*, menyatakan: 'bila dua individu berbeda satu dengan yang lain dalam dua pasang sifat atau lebih, maka diturunkannya sifat yang sepasang itu tidak bergantung pada sifat pasangan lainnya'. Hukum ini berlaku untuk persilangan dihibrid (dua sifat beda) atau lebih.  
 Contoh: disilangkan ercis berbiji bulat warna kuning (dominan) dengan ercis berbiji kisut warna hijau (resesif)

$P_1$ :	bulat kuning	x	kisut hijau	
	BBKK		bbkk	
$G$ :	BK		bk	
$F_1$ :	BbKk (fenotif bulat kuning 100%)			
$P_2$ :	$F_1$	x	$F_1$	
	BbKk	x	BbKk	
$G$ :	BK		Bk	
	Bk		Bk	
	bK		bK	
	bk		bk	
$F_2$ :				

	BK	Bk	bK	bk
BK	BBKK	BBKk	BbKK	BbKk
Bk	BBKk	BBkk	BbKk	Bbkk
bK	BbKK	BbKk	bbKK	bbKk
bk	BbKk	Bbkk	bbKk	bbkk

Pada  $F_2$  diperoleh macam fenotif:

Bulat kuning : 9  
 Bulat hijau : 3  
 Kisut kuning : 3  
 Kisut hijau : 1

Jadi rasio fenotif  $F_2 = 9 : 3 : 3 : 1$

### C. Golongan Darah

Ada banyak klasifikasi golongan darah, diantaranya adalah golongan ABO, Rhesus, dan MN. Dua yang pertama memiliki nilai medis, sedang yang terakhir tidak. Ketiga golongan tersebut ditemukan oleh K. Landsteiner.

#### 1. Golongan ABO

Golongan ini membagi golongan darah menjadi empat, yaitu A, B, AB, dan O, didasarkan pada adanya jenis antigen tertentu pada sel darah yang disebut isoaglutinogen. Susunan genotif dan kemungkinan gamet yang dibentuk dapat dilihat pada tabel berikut.

Golongan	Genotif	Gamet
A	$I^A I^A / I^A I^O$	$I^A / I^O$
B	$I^B I^B / I^B I^O$	$I^B / I^O$
AB	$I^A I^B$	$I^A / I^B$
O	$I^O I^O$	$I^O$

Golongan darah ABO dikendalikan oleh alela ganda  $I^A$ ,  $I^B$ , dan  $I^O$ .  $I^A$  dan  $I^B$  kodominan, dan keduanya dominan terhadap  $I^O$ .

Contoh: perkawinan antara pria golongan A heterozigot dengan wanita B heterozigot.

$$P : I^A I^O \quad x \quad I^B I^O$$



### 3. Golongan MN

Golongan ini tidak memiliki nilai medis karena hanya dijumpai antigen penentu golongan dalam eritrosit dan tidak dijumpai antibodi dalam plasma. Golongan ini dikendalikan oleh gen  $I^M$  dan  $I^N$  kodominan satu sama lain. Susunan genotif dan kemungkinan gamet dapat dilihat pada tabel berikut.

Golongan	Genotif	Gamet
MM	$I^M I^M$	$I^M$
NN	$I^N I^N$	$I^N$
MN	$I^M I^N$	$I^M, I^N$

Contoh: perkawinan antara pria golongan M (homozigot) dengan wanita golongan N (homozigot)

P : pria golongan M x wanita golongan N

$I^M I^M$                        $I^N I^N$

G :  $I^M$                        $I^N$

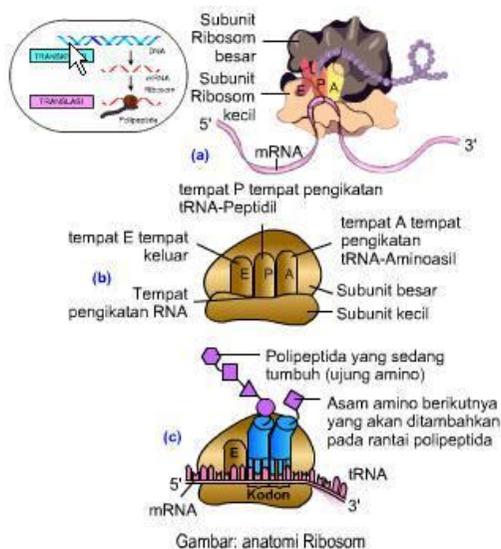
F :  $I^M I^N$  : golongan MN

## D. Sintesis Protein

Ada banyak tahapan antara ekspresi genotip ke fenotip. Gen-gen tidak dapat langsung begitu saja menghasilkan fenotip-fenotip tertentu. Fenotip suatu individu ditentukan oleh aktivitas enzim (protein fungsional). Enzim yang berbeda akan menimbulkan fenotip yang berbeda pula. Perbedaan satu enzim dengan enzim yang lain ditentukan oleh jumlah jenis dan susunan asam amino penyusun protein enzim. Pembentukan asam amino ditentukan oleh gen atau ADN.

Ekspresi gen merupakan proses dimana informasi yang dikode di dalam gen diterjemahkan menjadi urutan asam amino selama sintesis protein. Dogma sentral mengenai ekspresi gen, yaitu ADN yang membawa informasi genetik yang ditranskripsi oleh RNA, dan RNA diterjemahkan

menjadi polipeptida. Ekspresi gen merupakan sintesis protein yang terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pertama urutan rantai nukleotida template (cetakan) dari suatu ADN untai ganda disalin untuk menghasilkan satu rantai molekul RNA. Proses ini disebut transkripsi dan berlangsung di inti sel. Tahap kedua merupakan sintesis polipeptida dengan urutan spesifik berdasarkan rantai RNA yang dibuat pada tahap pertama. Proses ini disebut translasi.



Secara garis besar, ADN sebagai bahan genetik mengendalikan sifat individu melalui proses sintesis protein. Ada dua kelompok protein yang dibuat ADN, yaitu protein struktural dan protein katalis. Protein struktural akan membentuk sel, jaringan, dan organ hingga penampakan fisik suatu individu. Inilah yang menyebabkan ciri fisik tiap orang berbeda satu sama lain. Protein katalis akan membentuk enzim dan hormon yang berpengaruh

besar terhadap proses metabolisme, dan akhirnya berpengaruh terhadap sifat psikis, emosi, kepribadian, atau kecerdasan seseorang.

Proses sintesis protein dapat dibedakan menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah transkripsi yaitu pencetakan ARNd oleh ADN yang berlangsung di dalam inti sel. ARNd inilah yang akan membawa kode genetik dari ADN. Tahap kedua adalah translasi yaitu penerjemahan kode genetik yang dibawa ARNd oleh ARNt.

### 1. Transkripsi

Sebagian rantai ADN membuka, kemudian disusul oleh pembentukan rantai ARNd. Rantai ADN yang mencetak ARNd disebut rantai sense/template. Pasangan rantai sense yang tidak mencetak ARNd disebut rantai antisense. Pada rantai sense ADN didapati pasangan tiga basa nitrogen (triplet) yang disebut kodogen. Triplet ini akan mencetak triplet pada rantai ARNd yang disebut kodon. Kodon inilah yang disebut kode genetika yang berfungsi mengkodekan jenis asam amino tertentu yang diperlukan dalam sintesis protein. Selanjutnya boleh dikatakan bahwa ARNd atau kodon itulah yang merupakan kode genetika. Lihat daftar kodon dan asam amino yang dikodekannya di bawah ini. Setelah terbentuk, ARNd keluar dari inti sel melalui pori-pori membran inti menuju ke ribosom dalam sitoplasma.

Transkripsi berlangsung sampai RNA polimerase mentranskripsi urutan DNA yang disebut terminator. Terminator merupakan suatu urutan DNA yang berfungsi menghentikan proses transkripsi. Pada sel prokariotik, transkripsi biasanya berhenti tepat pada saat RNA polimerase mencapai titik terminasi. Sedangkan pada sel eukariotik, RNA polimerase terus

melawati titik terminasi. RNA yang telah terbentuk akan terlepas dari enzim tersebut.

## 2. Translasi

Dalam proses translasi, sel menginterpretasikan suatu kode genetik menjadi protein yang sesuai. Kode genetik tersebut berupa serangkaian kodon di sepanjang molekul RNAd, interpretasinya adalah RNAt. RNAt mentransfer asam amino-asam amino dari kolam asam amino di sitoplasma ke ribosom. Molekul RNAt tidak semuanya identik. Pada tiap asam amino digabungkan dengan RNAt yang sesuai oleh suatu enzim spesifik yang disebut aminoasil-RNAt sintetase (aminoacyl-tRNA synthetase). Ribosom memudahkan pelekatan yang spesifik antara antikodon RNAt dengan kodon RNAd selama sintesis protein. Sebuah ribosom tersusun dari dua subunit, yaitu subunit besar dan subunit kecil. Subunit ribosom dibangun oleh protein-protein dan molekul-molekul RNAr.

Tahap translasi dapat dibagi menjadi tiga tahap seperti transkripsi, yaitu inisiasi, elongasi, dan terminasi. Semua tahapan ini memerlukan faktor-faktor protein yang membantu RNAd, RNAt, dan ribosom selama proses translasi. Inisiasi dan elongasi rantai polipeptida juga membutuhkan sejumlah energi yang disediakan oleh GTP (guanosin triphosphat), suatu molekul yang mirip ATP.

### a. inisiasi

Tahap inisiasi dari translasi terjadi dengan adanya RNAd, sebuah RNAt yang memuat asam amino pertama dari polipeptida, dan dua subunit ribosom. Pertama, subunit ribosom kecil mengikat diri pada RNAd dan RNAt inisiator. Di dekat tempat pelekatan ribosom subunit kecil pada RNAd terdapat kodon inisiasi AUG, yang

memberikan sinyal dimulainya proses translasi. RNAt inisiator, yang membawa asam amino metionin, melekat pada kodon inisiasi AUG. Oleh karenanya, persyaratan inisiasi adalah kodon RNAd harus mengandung triplet AUG dan terdapat RNAt inisiator berisi antikodon UAC yang membawa metionin. Jadi pada setiap proses translasi, metionin selalu menjadi asam amino awal yang diingat. Triplet AUG dikatakan sebagai start codon karena berfungsi sebagai kodon awal translasi.

b. Elongasi

Pada tahap elongasi dari translasi, asam amino berikutnya ditambahkan satu per satu pada asam amino pertama (metionin). Pada ribosom membentuk ikatan hidrogen dengan antikodon molekul RNAt yang komplemen dengannya. Molekul RNAr dari subunit ribosom besar berfungsi sebagai enzim, yaitu mengkatalisis pembentukan ikatan peptida yang menggabungkan polipeptida yang memanjang ke asam amino yang baru tiba. Pada tahap ini polipeptida memisahkan diri dari RNAt tempat perlekatannya semula, dan asam amino pada ujung karboksilnya berikatan dengan asam amino yang dibawa oleh RNAt yang baru masuk. Saat RNAd berpindah tempat, antikodonna tetap berikatan dengan kodon RNAt. RNAd bergerak bersama-sama dengan antikodon dan bergeser ke kodon berikutnya yang akan ditranslasi. Sementara itu, RNAt yang tanpa asam amino telah diikatkan pada polipeptida yang sedang memanjang dan selanjutnya RNAt keluar dari ribosom. Langkah ini membutuhkan energi yang disediakan oleh hidrolisis GTP. Kemudian RNAd bergerak melalui ribosom ke satu arah saja,

kodon satu ke kodon lainnya hingga rantai polipeptidanya lengkap.

c. Terminasi

Tahap akhir translasi adalah terminasi. Elongasi berlanjut hingga ribosom mencapai kodon stop. Triplet basa kodon stop adalah UAA, UAG, atau UGA. Kodon stop tidak mengkode suatu asam amino melainkan bertindak sebagai sinyal untuk menghentikan translasi.

Simpulan singkat langkah sintesis protein berlangsung sebagai berikut:

- ADN mencetak ARNd dalam proses transkripsi yang berlangsung di dalam inti.
- ARNd keluar dari dalam inti bergabung dengan ribosom di sitoplasma.
- Datang ARNt membawa asam amino yang sesuai dengan kodon.
- Terjadi ikatan antar asam amino sehingga terbentuk protein.

Gen tertentu membawa informasi yang dibutuhkan untuk membuat protein dan informasi itulah yang disebut sebagai kode genetik. Dengan kata lain, kode genetik adalah cara pengkodean urutan nukleotida pada DNA atau RNA untuk menentukan urutan asam amino pada saat sintesis protein. Informasi pada kode genetik ditentukan oleh basa nitrogen pada rantai DNA yang akan menentukan susunan asam amino.

		Anden base							
		U	C	A	G				
Forste base	U	UUU	Phenylalanin	UCU	Serin	UAU	Tyrosin	UGU	Cystein
		UUC		UCC		UAC		UGC	
		UUA	Leucin	UCA		UAA	Stop kodon	UGA	Stop kodon
		UUG		UCG		UAG		UGG	Tryptophan
C	CUU	Leucin	CCU	Prolin	CAU	Histidin	CGU	Arginin	
	CUC		CCC		CAC		CGC		
	CUA		CCA		CAA	Glutamin	CGA		
	CUG		CCG		CAG		CGG		
A	AUU	Isoleusin	ACU	Threonin	AAU	Asparagin	AGU	Serin	
	AUC		ACC		AAC		AGC		
	AUA	Methionin	ACA		AAA	Lysin	AGA	Arginin	
	AUG	Start kodon	ACG		AAG		AGG		
G	GUU	Valin	GCU	Alanin	GAU	Asparagin syre	GGU		
	GUC		GCC		GAC		GGC	Glysin	
	GUA		GCA		GAA	Glutamin syre	GGG		
	GUG		GCG		GAG		GGG		
		U	C	A	G	Tredje base			
		U	C	A	G	U	C		
		A	C	A	G	A	C		
		G	C	A	G	G	C		

Gambar Kode Genetik

Beberapa sifat dari kode triplet diantaranya:

- kode genetik ini mempunyai banyak sinonim sehingga hampir setiap asam amino dinyatakan oleh lebih dari sebuah kodon. Contoh semua kodon yang diawali dengan SS memperinci prolin, (SSU, SSS, SSA dan SSG) semua kodon yang diawali dengan AS memperinci treosin (ASU, ASS, ASA, ASG).
- tidak tumpang tindih, artinya tiada satu basa tunggal pun yang dapat mengambil bagian dalam pembentukan lebih dari satu kodon, sehingga 64 itu berbeda-beda nukleotidanya.
- kode genetik dapat mempunyai dua arti yaitu kodon yang sama dapat memperinci lebih dari satu asam amino.
- kode genetik bersifat universal

Tiap triplet yang mewakili informasi bagi suatu asam amino tertentu dinyatakan sebagai kodon. Kode genetika bersifat degeneratif dikarenakan 18 dan 20 macam asam amino ditentukan oleh lebih dari satu kodon, yang disebut kodon sinonimus. Hanya metionin dan triptofan yang memiliki kodon tunggal. Kodon sinonimus tidak

ditempatkan secara acak, tetapi dikelompokkan. Kodon sinonim memiliki perbedaan pada urutan basa ketiga.

### E. Prinsip Pewarisan Sifat dalam Islam

Persoalan nasab dan keturunan adalah persoalan yang sangat penting dalam Islam. Begitu pentingnya persoalan ini sehingga ia masuk dalam satu dari tujuan syariat (*maqashid syari'ah*) yaitu *hifzunnasl* (menjaga keturunan). Dalam Al-Qur'an telah banyak dijelaskan perintah untuk menjaga anak dan keturunan ini. Islam mengatur hubungan antara seorang dengan keturunannya dalam soal pewarisan, perwalian, dan lain sebagainya. Tanggung jawab pendidikan anak menjadi ajaran pokok dalam Islam. Begitu pula tanggung jawab bakti anak kepada orang tuanya.

Islam mengakui ilmu gen pewarisan ADN, yaitu sifat dan fisik seseorang bisa di turunkan kepada anak-cucu keturunannya. Seorang laki-laki datang kepada Nabi *shallallahu alaihi wa sallam* lalu ia berkata,

يا رسول الله! ولد لي غلام أسود! فقال: "هل لك من إبل؟" قال: نعم، قال: "ما ألوانها؟" قال: حمر، قال: "هل فيها من أورك؟" قال: نعم، قال: "فأنى ذلك؟" قال: لعله نزعه عرق، قال: "فلعل ابنك هذا نزعه عرق"

*"Wahai Rasullullah! "Ya Rasulullah, isteriku melahirkan anak yang berkulit hitam".(ia dan istrinya tidak berkulit hitam) Maka Nabi shallallahu alaihi wa sallamberkata, "Apakah kamu memiliki unta? Ia menjawab: "Ya", Nabi berkata: "Apa saja warnanya?" Ia menjawab: "Merah", Nabi berkata : "Apakah ada yang berwarna keabu-abuan?" Ia menjawab: "Ya", Nabi berkata: "Mengapa demikian?" Ia menjawab "Boleh jadi karena faktor keturunan/genetika". Nabi shallallahu 'alaihi wa sallam lantas bersabda, "Anakmu yang berkulit*

*hitam itu boleh jadi karena faktor keturunan/genetika.*"(HR. Bukhari no. 6847 dan Muslim no. 1500).

Syaikh Muhammad bin Shalih Al-'Utsaimin mengatakan bahwa Hadis di atas menunjukkan bahwa faktor genetika itu mempengaruhi keturunan, dan hal ini tidak diragukan lagi, faktor genetika itu memiliki pengaruh pada akhlak dan kondisi fisik keturunan. Dalam konsep Islam, faktor-faktor keturunan akan diwariskan kepada keturunannya. Orang tua yang shalih akan melahirkan anak-anak yang shalih. Sebagaimana firman Allah SWT:

وَأَمَّا الْجِدَارُ فَكَانَ لِغُلَامَيْنِ يَتِيمَيْنِ فِي الْمَدِينَةِ وَكَانَ تَحْتَهُ كَنْزٌ لَهُمَا وَكَانَ أَبُوهُمَا صَالِحًا فَأَرَادَ رَبُّكَ أَنْ يَبْلُغَا أَشُدَّهُمَا وَيَسْتَخْرِجَا كَنْزَهُمَا رَحْمَةً مِنْ رَبِّكَ وَمَا فَعَلْتُهُ عَنْ أَمْرِي ذَلِكَ تَأْوِيلُ مَا لَمْ تَسْطِعْ عَلَيْهِ صَبْرًا

*"Adapun dinding rumah itu adalah kepunyaan dua orang anak yatim di kota itu, dan di bawahnya ada harta benda simpanan bagi mereka berdua, sedang ayahnya adalah seorang yang saleh, maka Tuhanmu menghendaki agar supaya mereka sampai kepada kedewasaannya dan mengeluarkan simpanannya itu, sebagai rahmat dari Tuhanmu; dan bukanlah aku melakukannya itu menurut kemauanku sendiri. Demikian itu adalah tujuan perbuatan-perbuatan yang kamu tidak dapat sabar terhadapnya"* (QS. Al Kahfi: 82).

Al-Qurthubi *rahimahullahu* menafsirkan bahwa Ayat ini menunjukkan bahwa Allah Ta'ala menjaga keshalihan seseorang dan menjaga keshalihan anak keturunannya meskipun jauh darinya (beberapa generasi setelahnya). Diriwayatkan (dalam kisah pada ayat) bahwa Allah menjaga

keshalihan pada generasi ketujuh dari keturunannya.”(*Al-Jami’ li ahkam al-Quran*: 1384 H)

Allah Ta’ala berfirman:

وَالَّذِينَ آمَنُوا وَاتَّبَعَتْهُمْ ذُرِّيَّتُهُمْ بِإِيمَانٍ أَلْحَقْنَا بِهِمْ ذُرِّيَّتَهُمْ وَمَا أَلْتَنَاهُمْ مِنْ عَمَلِهِمْ مِنْ شَيْءٍ كُلُّ امْرِئٍ بِمَا كَسَبَ رَهِينٌ

*“Dan orang-orang yang beriman, dan yang anak cucu mereka mengikuti mereka dalam keimanan, Kami hubungkan anak cucu mereka dengan mereka, dan Kami tiada mengurangi sedikitpun dari pahala amal mereka. Tiap-tiap manusia terikat dengan apa yang dikerjakannya” [Ath Thuur: 21]*

Syaikh Abdurrahman bin Nashir As-Sa’diy menafsirkan bahwa “keturunan yang mengikuti mereka *dalam* keimanan maksudnya adalah mereka mengikuti keimanan yang muncul dari orang tua/kakek-buyut mereka. Maka keturunan mereka mengikuti mereka dalam keimanan. Maka lebih utama lagi jika keimanan muncul dari diri anak-keturunan itu sendiri. Mereka yang disebut ini, maka Allah akan mengikutsertakan mereka dalam kedudukan orang tua/kakek-buyut mereka di surga walaupun mereka sebenarnya tidak mencapainya (kedudukan anak lebih rendah dari orang tua), sebagai balasan bagi orang tua mereka dan tambahan bagi pahala mereka. akan tetapi dengan hal ini, Allah tidak mengurangi pahala orang tua mereka sedikitpun.” (Taisir Karimir rahmah hal 780, Dar Ibnu Hazm, Beirut, cet.I, 1424 H).

Kemajuan teknologi kedokteran membuktikan bahwa pewarisan sifat memang benar adaya. Pewarisan sifat melalui pewarisan ADN telah diteliti tipe dan macamnya

sehingga bisa menghasilkan keragaman makhluk. Untuk mendapatkan keturunan yang baik, Nabi Muhammad Saw telah memberikan pedoman, mulai dari memilih calon ibu anak-anaknya dari perempuan yang baik, kemudian pedoman kehidupan dan hubungan suami istri, pendidikan anak dan seterusnya. Untuk menjaga keturunan ini juga sehingga Islam mengharamkan zina dan memberi hukuman berat bagi para pelakunya. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, ditemukanlah cara baru untuk menetapkan keturunan yang banyak dibahas dalam ilmu genetika. Dengan cara ini akan semakin mudah dalam menetapkan keturunan.

Sebagaimana telah disinggung sebelumnya, untuk menetapkan nasab dalam Islam bisa ditempuh melalui beberapa cara:

#### 1. Al-Firasy

Dari berbagai pengertian yang disampaikan oleh para Ulama, Al-Firasy bisa dinisbatkan kepada suami atau istri yang memiliki perkawinan yang sah (Khalifah Ali Al-Ka'bi, 2006). Perkawinan menjadi sebuah ikatan yang kuat dan cara yang paling kuat untuk menetapkan nasab dan keturunan. Bagi seorang pria, kepemilikan janin harus melalui sebuah ikatan yang sah. Sementara bagi seorang wanita, janin yang dikandungnya otomatis menjadi anaknya baik janin itu ia dapatkan sebelum ataupun sesudah menikah, sebagaimana sabda Nabi SAW:

وللعاهر الحجر الولد للفراش

*“Anak itu adalah milik pemilik perkawinan yang sah, sementara bagi yang berzina adalah batu”* (H.R. Bukhari dan Muslim)

Begitu juga dalam Atsar disebutkan Imam Baihaqi dalam Kitab Sunannya dari Ubaidillah bin Abi Yazid dari bapaknya:

*"Umar bin Khathab meminta kepada seorang tua dari Bani Zahrah yang tinggal di rumah kami untuk menghadapnya. Saya pun pergi bersamanya untuk menemui Umar. Umar lalu bertanya tentang nasab seorang anak. orang tua tadi menjawab; adapun perkawinan yang sah adalah milik si fulan sementara benih janin adalah milik si fulan. Umar berkata; engkau benar, namun Rasulullah memutuskan bahwa anak adalah bagi si pemilik perkawinan yang sah' (HR. Baihaqi).*

## 2. Al-Qiyafah

Pengertian Al-Qiyafah berasal dari kata Qâfa- yaqûfu- qiyâfatani pelakunya adalah qâ'if yaitu orang yang memiliki kemampuan melihat kemiripan dan hubungan nasab antara seorang dengan ayahnya atau dengan saudaranya. Dikalangan Syafi'iyah, qiyafah berarti suatu ilmu dan kemampuan yang Allah Swt. berikan untuk melihat hubungan nasab saat terjadi kesamaran. (Khalifah Al-Ka'bi: 2006).

Dalil yang paling kuat dalam persoalan Qiyâfah adalah hadits yang diriwayatkan oleh Bukhari dan Muslim dari A'isyah sebagai berikut:

حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ يَحْيَى وَمُحَمَّدُ بْنُ رُمْحٍ قَالَ أَخْبَرَنَا اللَّيْثُ ح وَحَدَّثَنَا قُتَيْبَةُ بْنُ  
إِنِّ رَسُولَ سَعِيدٍ حَدَّثَنَا لَيْثٌ عَنْ ابْنِ سَهَابٍ عَنْ عُرْوَةَ عَنْ عَائِشَةَ أَنَّهَا قَالَتْ:  
اللَّهُ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ دَخَلَ عَلَيَّ مَسْرُورًا تَبْرُقُ أَسَارِيرُ وَجْهِهِ فَقَالَ أَلَمْ تَرِي  
أَنَّ مُجْرَزًا نَظَرَ أَنفًا إِلَى زَيْدِ بْنِ حَارِثَةَ وَأَسَامَةَ بْنِ زَيْدٍ فَقَالَ إِنَّ بَعْضَ هَذِهِ  
الْأَفْدَامِ لَمِنْ بَعْضٍ

Telah menceritakan kepada kami Yahya bin Yahya dan Muhammad bin Rumi dia berkata; Telah mengabarkan kepada kami Al Laits. Dan diriwayatkan dari jalur lain, telah menceritakan kepada kami Qutaibah bin Sa'id telah menceritakan kepada kami Al Laits dari Ibnu Syihab dari 'Urwah dari 'Aisyah dia berkata: "Sesungguhnya Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam menemuiku dalam keadaan riang seakan-akan wajahnya bersinar sambil bersabda: Tidakkah kamu tadi melihat Mujazziz Al Mudallij (ahli identifikasi) melihat Zaid bin Haritsah dan Usamah bin Zaid, lalu dia berkata: Sesungguhnya pemilik kaki ini serupa satu sama yang lain." (Shahih Muslim No 1459).

# BAB IX

## PRINSIP DASAR EKOLOGI

### A. Pengertian Ekologi

Pada dasarnya istilah ekologi berasal dari kata dalam bahasa Yunani yaitu *Oikos*; Rumah atau Rumah Tangga dan *Logos*; Ilmu. Istilah ini mula-mula diperkenalkan oleh Ernest Haeckel pada tahun 1869. Tetapi jauh sebelumnya, studi dalam bidang-bidang yang sekarang termasuk dalam ruang lingkup ekologi telah dilakukan oleh para pakar. Secara harfiah Ekologi adalah pengkajian hubungan organisme-organisme atau kelompok organisme terhadap lingkungannya. Ada juga yang mengatakan bahwa ekologi adalah suatu ilmu yang berkaitan dengan hubungan antara tumbuhan, binatang, dan manusia dengan lingkungannya di mana mereka hidup, bagaimana kehidupannya, dan mengapa berada di tempat tersebut.

Ekologi merupakan salah satu cabang Biologi yang hanya berbicara apa yang ada dan apa yang terjadi di alam dengan tidak melakukan percobaan. Tetapi biasanya ekologi didefinisikan sebagai pengkajian hubungan organisme-organisme atau kelompok-kelompok organisme terhadap lingkungannya, atau ilmu hubungan timbal-balik antara organisme-organisme hidup dan lingkungannya. Sebab ekologi memperhatikan terutama biologi “golongan-golongan” organisme dan dengan proses-proses fungsional di daratan dan air adalah lebih tetap berhubungan dengan upaya mutakhir untuk mendefinisikan ekologi sebagai pengkajian struktur dan fungsi alam, telah dipahami bahwa manusia merupakan bagian dari pada alam.

Menurut Odum (1971) ekologi mutakhir adalah suatu studi yang berhubungan dengan struktur dan fungsi

ekosistem atau alam di mana manusia adalah bagian dari alam. Struktur di sini menunjukkan suatu keadaan dari sistem ekologi pada waktu dan tempat tertentu termasuk kerapatan atau kepadatan, biomas, penyebaran potensi unsur-unsur hara (materi), energi, faktor-faktor fisik dan kimia lainnya yang mencirikan sistem tersebut. Sedangkan fungsinya menggambarkan sebab-akibat yang terjadi dalam sistem. Jadi pokok utama ekologi adalah mencari pengertian bagaimana fungsi organisme di alam. Jelaslah bahwa ekologi adalah ilmu yang berhubungan dengan makhluk hidup dalam rumah tangganya atau ilmu yang mempelajari seluruh pola hubungan timbal balik antara makhluk hidup sesamanya dan dengan komponen di sekitarnya.

Dalam ekologi, istilah populasi dinyatakan sebagai golongan individu-individu dari setiap spesies organisme. Sedangkan komunitas adalah semua populasi-populasi yang menduduki daerah tertentu. Komunitas dan lingkungan yang tidak hidup berfungsi bersama sebagai sistem ekologi atau ekosistem.

Ekologi dikaitkan hanya dengan 6 (enam) level organisasi, yaitu: organisme (individu), populasi, komunitas, ekosistem (*ecology system*), sosio-ekosistem dan ekosfer atau biosfer.

1. Organisme (individu) adalah kesatuan genetik yang sama.
2. Populasi adalah kelompok individu yang sejenis, yang dapat mengadakan interbreeding dan menempati area tertentu, pada waktu tertentu.
3. Komunitas adalah kelompok organisme yang terdiri atas sejumlah jenis yang berbeda, yang secara bersama-sama menempati habitat atau area yang sama, dan terjadi interaksi melalui hubungan trofik dan spatial.

4. Ekosistem adalah komunitas alami yang berinteraksi satu sama lain, dengan faktor fisik dan kimia seperti energi matahari, temperatur udara, angin, kelembaban udara, air, tanah, dan sebagainya. Ekosistem juga didefinisikan sebagai unit fungsional yang meliputi komponen biotik (tumbuhan, hewan, dan manusia) dan komponen abiotik (lingkungan fisiko-kimia) dari area spesifik. Oleh karena itu, untuk menyebutkan suatu ekosistem harus disebutkan juga area spesifiknya.
5. Sosio-Ekosistem adalah lingkungan masyarakat; tingkat organisasi yang lebih tinggi dalam ekosistem.
6. Ekosfer/biosfer adalah bagian bumi tempat semua organisme hidup berada dan berinteraksi; atau bagian bumi dan atmosfer yang dapat menunjang kehidupan organisme. Ekosfer terdiri atas: atmosfer (udara), hidrosfer (perairan/ lautan), dan lithosfer (daratan/tanah)

## **B. Aplikasi Ekologi**

Untuk hidup dan hidup berkelanjutan bagi manusia harus belajar memahami lingkungannya dan pandai mengatur sumber-sumber daya alam dengan cara-cara yang dapat dipertanggungjawabkan demi pengamanan dan kelestarian. Seorang ahli ekologi harus dapat melihat jauh ke depan, dalam jangka panjang yang lebih bersifat pengamanan dan pemeliharaan untuk dapat hidup dengan baik dengan tingkat kesejahteraan yang lebih tinggi.

Asas-asas ekologi dalam kenyataan dewasa ini banyak dipakai untuk menganalisis lingkungan hidup manusia, penambahan penduduk, peningkatan produksi makanan, penghijauan, erosi, banjir, pelestarian plasma nutfah, dan hewan-hewan langka, koleksi buah-buahan langka, pencemaran (polusi), dan lain sebagainya. Pada dasarnya

masalah lingkungan itu timbul karena kegiatan manusia sendiri yang tidak mengindahkan atau tidak mengerti prinsip-prinsip ekologi.

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem bisa dikatakan juga suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling memengaruhi.

Ekosistem merupakan penggabungan dari setiap unit biosistem yang melibatkan interaksi timbal balik antara organisme dan lingkungan fisik sehingga aliran energi menuju kepada suatu struktur biotik tertentu dan terjadi suatu siklus materi antara organisme dan anorganisme. Matahari sebagai sumber dari semua energi yang ada.

Dalam ekosistem, organisme dalam komunitas berkembang bersama-sama dengan lingkungan fisik sebagai suatu sistem. Organisme akan beradaptasi dengan lingkungan fisik, sebaliknya organisme juga memengaruhi lingkungan fisik untuk keperluan hidup. Pengertian ini didasarkan pada Hipotesis Gaia, yaitu: "organisme, khususnya mikroorganisme, bersama-sama dengan lingkungan fisik menghasilkan suatu sistem kontrol yang menjaga keadaan di bumi cocok untuk kehidupan". Hal ini mengarah pada kenyataan bahwa kandungan kimia atmosfer dan bumi sangat terkendali dan sangat berbeda dengan planet lain dalam tata surya.

Kehadiran, kelimpahan dan penyebaran suatu spesies dalam ekosistem ditentukan oleh tingkat ketersediaan sumber daya serta kondisi faktor kimiawi dan fisis yang harus berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh spesies tersebut, inilah yang disebut dengan hukum toleransi. Misalnya: Panda memiliki toleransi yang luas terhadap suhu, namun memiliki toleransi yang sempit

terhadap makanannya, yaitu bambu. Dengan demikian, panda dapat hidup di ekosistem dengan kondisi apapun asalkan dalam ekosistem tersebut terdapat bambu sebagai sumber makanannya. Berbeda dengan makhluk hidup yang lain, manusia dapat memperlebar kisaran toleransinya karena kemampuannya untuk berpikir, mengembangkan teknologi dan memanipulasi alam.

### **C. Komponen Pembentuk Ekosistem**

Komponen-komponen pembentuk ekosistem adalah:

#### **1. Abiotik**

Abiotik atau komponen tak hidup adalah komponen fisik dan kimia yang merupakan medium atau substrat tempat berlangsungnya kehidupan, atau lingkungan tempat hidup. Sebagian besar komponen abiotik bervariasi dalam ruang dan waktunya. Komponen abiotik dapat berupa bahan organik, senyawa anorganik, dan faktor yang memengaruhi distribusi organisme, yaitu:

- a. Suhu. Proses biologi dipengaruhi suhu. Mamalia dan unggas membutuhkan energi untuk merregulasi temperatur dalam tubuhnya.
- b. Air. Ketersediaan air memengaruhi distribusi organisme. Organisme di gurun beradaptasi terhadap ketersediaan air di gurun.
- c. Garam. Konsentrasi garam memengaruhi kesetimbangan air dalam organisme melalui osmosis. Beberapa organisme terestrial beradaptasi dengan lingkungan dengan kandungan garam tinggi.
- d. Cahaya matahari. Intensitas dan kualitas cahaya memengaruhi proses fotosintesis. Air dapat menyerap cahaya sehingga pada lingkungan air, fotosintesis terjadi di sekitar permukaan yang

terjangkau cahaya matahari. Di gurun, intensitas cahaya yang besar membuat peningkatan suhu sehingga hewan dan tumbuhan tertekan.

- e. Tanah dan batu. Beberapa karakteristik tanah yang meliputi struktur fisik, pH, dan komposisi mineral membatasi penyebaran organisme berdasarkan pada kandungan sumber makanannya di tanah.
- f. Iklim. Iklim adalah kondisi cuaca dalam jangka waktu lama dalam suatu area. Iklim makro meliputi iklim global, regional dan lokal. Iklim mikro meliputi iklim dalam suatu daerah yang dihuni komunitas tertentu.

## 2. Biotik

Biotik adalah istilah yang biasanya digunakan untuk menyebut sesuatu yang hidup (organisme). Komponen biotik adalah suatu komponen yang menyusun suatu ekosistem selain komponen abiotik (tidak bernyawa). Berdasarkan peran dan fungsinya, makhluk hidup dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

### a. Heterotrof / Konsumen

Komponen heterotrof terdiri dari organisme yang memanfaatkan bahan-bahan organik yang disediakan oleh organisme lain sebagai makanannya. Komponen heterotrof disebut juga konsumen makro (fagotrof) karena makanan yang dimakan berukuran lebih kecil. Yang tergolong heterotrof adalah manusia, hewan, jamur, dan mikroba.

### b. Pengurai / decomposer

Pengurai atau dekomposer adalah organisme yang menguraikan bahan organik yang berasal dari organisme mati. Pengurai disebut juga konsumen makro (sapotrof) karena makanan yang dimakan

berukuran lebih besar. Organisme pengurai menyerap sebagian hasil penguraian tersebut dan melepaskan bahan-bahan yang sederhana yang dapat digunakan kembali oleh produsen. Yang tergolong pengurai adalah bakteri dan jamur. Ada pula pengurai yang disebut detritivor, yaitu hewan pengurai yang memakan sisa-sisa bahan organik, contohnya adalah kutu kayu. Tipe dekomposisi ada tiga, yaitu:

- aerobik : oksigen adalah penerima elektron/oksidan
- anaerobik : oksigen tidak terlibat. Bahan organik sebagai penerima elektron/oksidan
- fermentasi : anaerobik namun bahan organik yang teroksidasi juga sebagai penerima elektron. komponen tersebut berada pada suatu tempat dan berinteraksi membentuk suatu kesatuan ekosistem yang teratur. Misalnya, pada suatu ekosistem akuarium, ekosistem ini terdiri dari ikan sebagai komponen heterotrof, tumbuhan air sebagai komponen autotrof, plankton yang terapung di air sebagai komponen pengurai, sedangkan yang termasuk komponen abiotik adalah air, pasir, batu, mineral dan oksigen yang terlarut dalam air.

#### **D. Ketergantungan pada Ekosistem**

Ketergantungan pada ekosistem dapat terjadi antar komponen biotik atau antara komponen biotik dan abiotik.

##### **1. Antar komponen biotik**

Ketergantungan antar komponen biotik dapat terjadi melalui:

- a. Rantai makanan, yaitu perpindahan materi dan energi melalui proses makan dan dimakan dengan

urutan tertentu. Tiap tingkat dari rantai makanan disebut tingkat trofi atau taraf trofi. Karena organisme pertama yang mampu menghasilkan zat makanan adalah tumbuhan maka tingkat trofi pertama selalu diduduki tumbuhan hijau sebagai produsen. Tingkat selanjutnya adalah tingkat trofi kedua, terdiri atas hewan pemakan tumbuhan yang biasa disebut konsumen primer. Hewan pemakan konsumen primer merupakan tingkat trofi ketiga, terdiri atas hewan-hewan karnivora. Setiap pertukaran energi dari satu tingkat trofi ke tingkat trofi lainnya, sebagian energi akan hilang.

- b. Jaring-jaring makanan, yaitu rantai-rantai makanan yang saling berhubungan satu sama lain sedemikian rupa sehingga membentuk seperti jaring-jaring. Jaring-jaring makanan terjadi karena setiap jenis makhluk hidup tidak hanya memakan satu jenis makhluk hidup lainnya.

## 2. Antar komponen biotik dan abiotik

Ketergantungan antara komponen biotik dan abiotik dapat terjadi melalui siklus materi, seperti siklus karbon, siklus air, siklus nitrogen, siklus sulfur. Siklus ini berfungsi untuk mencegah suatu bentuk materi menumpuk pada suatu tempat. Ulah manusia telah membuat suatu sistem yang awalnya siklik menjadi nonsiklik, manusia cenderung mengganggu keseimbangan lingkungan.

## E. Tipe-tipe Ekosistem

Secara umum ada tiga tipe ekosistem, yaitu ekosistem air, ekosistem darat, dan ekosistem buatan.

## 1. Akuatik

### a. Ekosistem air tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Macam tumbuhan yang terbanyak adalah jenis ganggang, sedangkan lainnya tumbuhan biji. Hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar. Organisme yang hidup di air tawar pada umumnya telah beradaptasi.

### b. Ekosistem air laut

Habitat laut (oseanik) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi dengan ion  $Cl^-$  mencapai 55% terutama di daerah laut tropik, karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropik, suhu laut sekitar 25 °C. Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi, sehingga terdapat batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah yang disebut daerah termoklin.

### c. Ekosistem estuari

Estuari (muara) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Ekosistem estuari memiliki produktivitas yang tinggi dan kaya akan nutrisi. Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan.

### d. Ekosistem pantai

Dinamakan demikian karena yang paling banyak tumbuh di gundukan pasir adalah tumbuhan

*Ipomoea pes caprae* yang tahan terhadap hempasan gelombang dan angin. Tumbuhan yang hidup di ekosistem ini menjalar dan berdaun tebal.

- e. Ekosistem sungai  
Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang. Ekosistem sungai dihuni oleh hewan seperti ikan kucing, gurame, kura-kura, ular, buaya, dan lumba-lumba.
- f. Ekosistem terumbu karang  
Ekosistem ini terdiri dari coral yang berada dekat pantai. Efisiensi ekosistem ini sangat tinggi. Hewan-hewan yang hidup di karang memakan organisme mikroskopis dan sisa organik lain. Berbagai invertebrata, mikro organisme, dan ikan, hidup di antara karang dan ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, ikan, menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora. Kehadiran terumbu karang di dekat pantai membuat pantai memiliki pasir putih.
- g. Ekosistem laut dalam  
Kedalamannya lebih dari 6.000 m. Biasanya terdapat lele laut dan ikan laut yang dapat mengeluarkan cahaya. Sebagai produsen terdapat bakteri yang bersimbiosis dengan karang tertentu.
- h. Ekosistem lamun  
Lamun atau *seagrass* adalah satu-satunya kelompok tumbuh-tumbuhan berbunga yang hidup di lingkungan laut. Tumbuh-tumbuhan ini hidup di habitat perairan pantai yang dangkal. Seperti halnya rumput di darat, mereka mempunyai tunas

berdaun yang tegak dan tangkai-tangkai yang merayap yang efektif untuk berbiak. Berbeda dengan tumbuh-tumbuhan laut lainnya (alga dan rumput laut), lamun berbunga, berbuah dan menghasilkan biji. Mereka juga mempunyai akar dan sistem internal untuk mengangkut gas dan zat-zat hara. Sebagai sumber daya hayati, lamun banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

## 2. Terrestrial (darat)

Penentuan zona dalam ekosistem terestrial ditentukan oleh temperatur dan curah hujan. Ekosistem terestrial dapat dikontrol oleh iklim dan gangguan. Iklim sangat penting untuk menentukan mengapa suatu ekosistem terestrial berada pada suatu tempat tertentu. Pola ekosistem dapat berubah akibat gangguan seperti petir, kebakaran, atau aktivitas manusia.

- a. Ekosistem hutan hujan tropis memiliki produktivitas tinggi.
- b. Ekosistem taiga merupakan hutan pinus dengan ciri iklim musim dingin yang panjang.
- c. Ekosistem tundra didominasi oleh vegetasi perdu.
- d. Hutan hujan tropis

Hutan hujan tropis terdapat di daerah tropik dan subtropik. Ciri-cirinya adalah curah hujan 200-225 cm per tahun. Spesies pepohonan relatif banyak, jenisnya berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung letak geografisnya. Tinggi pohon utama antara 20-40 m, cabang-cabang pohon tinggi dan berdaun lebat hingga membentuk tudung (kanopi). Dalam hutan basah terjadi perubahan iklim mikro, yaitu iklim yang langsung terdapat di sekitar organisme. Daerah tudung cukup mendapat sinar matahari, variasi suhu dan kelembapan tinggi, suhu

sepanjang hari sekitar 25 °C. Dalam hutan hujan tropis sering terdapat tumbuhan khas, yaitu liana (rotan) dan anggrek sebagai epifit. Hewannya antara lain, kera, burung, badak, babi hutan, harimau, dan burung hantu.

e. Sabana

Sabana dari daerah tropik terdapat di wilayah dengan curah hujan 40 – 60 inci per tahun, tetapi temperatur dan kelembaban masih tergantung musim. Sabana yang terluas di dunia terdapat di Afrika; namun di Australia juga terdapat sabana yang luas. Hewan yang hidup di sabana antara lain serangga dan mamalia seperti zebra, singa, dan hyena.

f. Padang rumput

Padang rumput terdapat di daerah yang terbentang dari daerah tropik ke subtropik. Ciri-ciri padang rumput adalah curah hujan kurang lebih 25-30 cm per tahun, hujan turun tidak teratur, porositas (peresapan air) tinggi, dan drainase (aliran air) cepat. Tumbuhan yang ada terdiri atas tumbuhan terna (herbs) dan rumput yang keduanya tergantung pada kelembapan. Hewannya antara lain: bison, zebra, singa, anjing liar, serigala, gajah, jerapah, kangguru, serangga, tikus dan ular.

g. Gurun

Gurun terdapat di daerah tropik yang berbatasan dengan padang rumput. Ciri-ciri ekosistem gurun adalah gersang dan curah hujan rendah (25 cm/tahun). Perbedaan suhu antara siang dan malam sangat besar. Tumbuhan semusim yang terdapat di gurun berukuran kecil. Selain itu, di gurun dijumpai pula tumbuhan menahun berdaun seperti duri contohnya kaktus, atau tak berdaun

dan memiliki akar panjang serta mempunyai jaringan untuk menyimpan air. Hewan yang hidup di gurun antara lain rodentia, semut, ular, kadal, katak, kalajengking, dan beberapa hewan nokturnal lain.

h. Hutan gugur

Hutan gugur terdapat di daerah beriklim sedang yang memiliki empat musim, ciri-cirinya adalah curah hujan merata sepanjang tahun. Jenis pohon sedikit (10 s/d 20) dan tidak terlalu rapat. Hewan yang terdapat di hutan gugur antara lain rusa, beruang, rubah, bajing, burung pelatuk, dan rakun (sebangsa luwak).

i. Taiga

Taiga terdapat di belahan bumi sebelah utara dan di pegunungan daerah tropik, ciri-cirinya adalah suhu di musim dingin rendah. Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas satu spesies seperti konifer, pinus, dan sejenisnya. Semak dan tumbuhan basah sedikit sekali, sedangkan hewannya antara lain moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

j. Tundra

Tundra terdapat di belahan bumi sebelah utara di dalam lingkaran kutub utara dan terdapat di puncak-puncak gunung tinggi. Pertumbuhan tanaman di daerah ini hanya 60 hari. Contoh tumbuhan yang dominan adalah sphagnum, liken, tumbuhan biji semusim, tumbuhan perdu, dan rumput alang-alang. Pada umumnya, tumbuhannya mampu beradaptasi dengan keadaan yang dingin.

k. Karst (batu gamping /gua)

Karst berawal dari nama kawasan batu gamping di wilayah Yugoslavia. Kawasan karst di Indonesia rata-rata mempunyai ciri-ciri yang hampir sama yaitu, tanahnya kurang subur untuk pertanian, sensitif terhadap erosi, mudah longsor, bersifat rentan dengan pori-pori aerasi yang rendah, gaya permeabilitas yang lamban dan didominasi oleh pori-pori mikro. Ekosistem karst mengalami keunikan tersendiri, dengan keragaman aspek biotis yang tidak dijumpai di ekosistem lain.

### 3. Buatan

Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Ekosistem buatan mendapatkan subsidi energi dari luar, tanaman atau hewan peliharaan didominasi pengaruh manusia, dan memiliki keanekaragaman rendah. Contoh ekosistem buatan adalah:

- a. bendungan
- b. hutan tanaman produksi seperti jati dan pinus
- c. agroekosistem berupa sawah tadah hujan
- d. sawah irigasi
- e. perkebunan sawit
- f. ekosistem pemukiman seperti kota dan desa

## **F. Siklus Biogeokimia**

Siklus biogeokimia atau siklus organik-anorganik adalah siklus unsur atau senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut siklus biogeokimia.

Biogeokimia ialah suatu pertukaran atau terjadinya perubahan yang berlangsung terus menerus antara

komponen abiotik dengan komponen biotik. Daur Biogeokimia adalah daur ulang air dan komponen-komponen kimia (unsur kimia) yang melibatkan peran serta dari makhluk hidup termasuk manusia dan bebatuan/geofisik. Daur Biogeokimia memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Fungsi dari daur biogeokimia yaitu untuk menjaga kelangsungan hidup di bumi, sebab materi hasil dari daur biogeokimia ini dapat digunakan oleh semua komponen yang ada di bumi seperti abiotik dan biotik.

Siklus-siklus tersebut antara lain: siklus air, siklus oksigen, siklus karbon, siklus nitrogen, dan siklus sulfur.

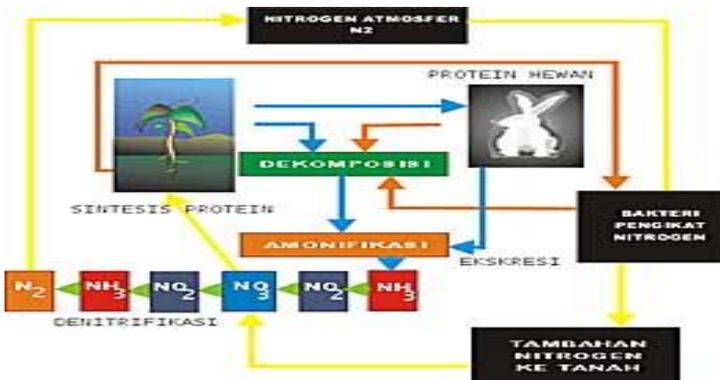
#### 1. Siklus Nitrogen ( $N_2$ )

Gas nitrogen banyak terdapat di atmosfer, yaitu 80% dari udara. Nitrogen bebas dapat ditambat/difiksasi terutama oleh tumbuhan yang berbintil akar (misalnya jenis polongan) dan beberapa jenis ganggang. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/petir. Tumbuhan memperoleh nitrogen dari dalam tanah berupa amonia ( $NH_3$ ), ion nitrit ( $NO_2^-$ ), dan ion nitrat ( $NO_3^-$ ).

Beberapa bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar Legum dan akar tumbuhan lain, misalnya *Marsiella crenata*. Selain itu, terdapat bakteri dalam tanah yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yakni *Azotobacter sp.* yang bersifat aerob dan *Clostridium sp.* yang bersifat anaerob. *Nostoc sp.* dan *Anabaena sp.* (ganggang biru) juga mampu menambat nitrogen.

Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* sehingga menghasilkan nitrat yang akan diserap oleh

akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, nitrat diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem. Lihat Gambar.

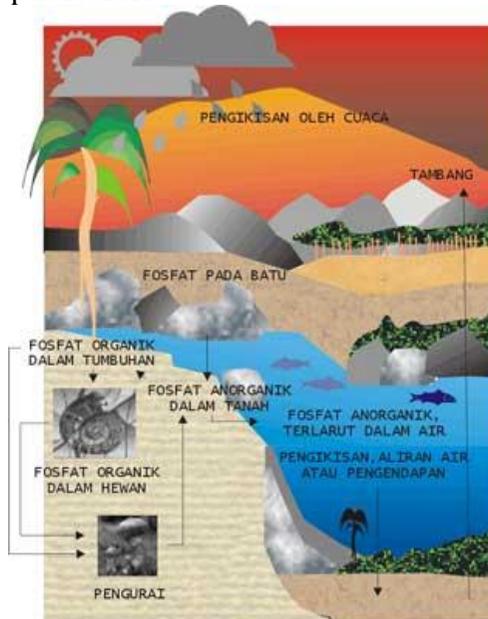


Gambar Siklus Nitrogen

## 2. Siklus Fosfor

Di alam, fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) dan senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah). Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan laut. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap oleh akar tumbuhan lagi. Siklus ini berulang terus menerus. Fosfor merupakan salah satu jenis elemen yang penting dalam kehidupan, sebab semua makhluk hidup membutuhkan fosfor yang berbentuk ATP (Adenosin

Tri Fosfat), yang berguna untuk sumber energi metabolisme pada sel. Fosfor berbentuk ion yaitu ion fosfat atau ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), ion ini terdapat dalam bebatuan. Akibat dari terjadinya erosi dan pelapukan kemungkinan fosfat akan terbawa ke arah sungai bahkan sampai kelaut yang membentuk sedimen. Sedimen yang mengandung fosfat bisa naik ke atas permukaan disebabkan terjadinya geseran gerak dasar bumi. Tumbuhan mengambil fosfat yang masih berbentuk larutan yang berada di dalam tanah. Sumber fosfor yang terdapat di bumi yaitu dari bebatuan, tanaman, tanah dan bahan organik. Daur fosfor yang berwujud hasil pelapukan bebatuan dinamakan input, sedangkan outputnya yaitu berupa fiksasi mineral dan pelindikan yang dapat dihasilkan oleh output fosfor.

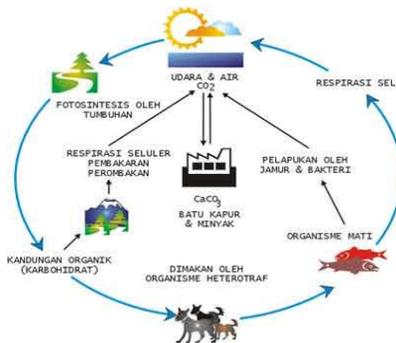


Gambar Siklus Fosfor di Alam

### 3. Siklus Karbon dan Oksigen

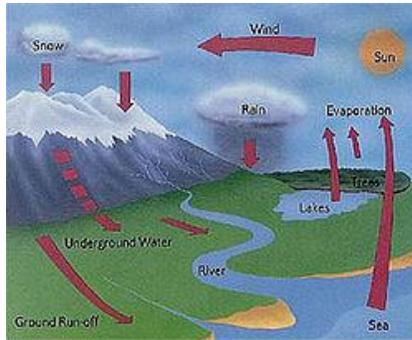
Di atmosfer terdapat kandungan  $\text{CO}_2$  sebanyak 0.03%. Sumber-sumber  $\text{CO}_2$  di udara berasal dari respirasi manusia dan hewan, erupsi vulkanik, pembakaran batubara, dan asap pabrik. Karbon dioksida di udara dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen yang nantinya akan digunakan oleh manusia dan hewan untuk berespirasi. Hewan dan tumbuhan yang mati, dalam waktu yang lama akan membentuk batubara di dalam tanah. Batubara akan dimanfaatkan lagi sebagai bahan bakar yang juga menambah kadar  $\text{CO}_2$  di udara.

Di ekosistem air, pertukaran  $\text{CO}_2$  dengan atmosfer berjalan secara tidak langsung. Karbon dioksida berikatan dengan air membentuk asam karbonat yang akan terurai menjadi ion bikarbonat. Bikarbonat adalah sumber karbon bagi alga yang memproduksi makanan untuk diri mereka sendiri dan organisme heterotrof lain. Sebaliknya, saat organisme air berespirasi,  $\text{CO}_2$  yang mereka keluarkan menjadi bikarbonat. Jumlah bikarbonat dalam air adalah seimbang dengan jumlah  $\text{CO}_2$  di air.



Gambar Siklus Karbon dan Oksigen di Alam

#### 4. Daur Air



Gambar Daur Air

Daur air ialah sirkulasi yang tidak pernah berhenti dari air yang di bumi dimana air mampu berpindah-pindah dari daratan, lalu ke udara lalu kedaratan lagi, dan air pun mampu tersimpan didasar permukaan dengan 3 fase yaitu cair yang berbentuk air, padat yang berbentuk es, dan gas yang berbentuk udara. Uap air terdapat di atmosfer, uap air berasal dari air laut dan air daratan yang menguap karena akibat terkenanya panas yang berasal dari matahari. Namun pada umumnya uap air yang ada di atmosfer hanya terdapat di uapan air laut, sebab luas laut mencapai  $\frac{3}{4}$  luas permukaan bumi. Terkondensasinya uap air di atmosfer akan mengubah menjadi awan, yang akhirnya awan-awan tersebut akan berubah menjadi hujan, air hujan yang telah turun di muka bumi akan masuk kedalam tanah, dan pada akhirnya air tanah ini akan terbentuk menjadi air tanah permukaan.

Air yang ada di dalam tanah akan diserap oleh tumbuhan melalui pembuluh yang ada dalam tubuh, lalu transpirasi uap air akan dilepaskan oleh tanaman atau tumbuhan ke atas atmosfer. Transpirasi

penguapan dalam ekosistem darat bisa mencapai 90 % yang dilakukan oleh tumbuhan.

Air tanah yang ada dipermukaan bumi mengalir ke arah sungai, lalu bermuara ke laut dan ke danau. Daur ulang yang terjadi ini disebet dengan siklus panjang namun siklus ini berawal dari terjadinya proses evapotranspirasi dan transpirasi pada air yang dikuti oleh presipitasi atau proses terjadinya air yang turun ke muka bumi disebut siklus pendek.

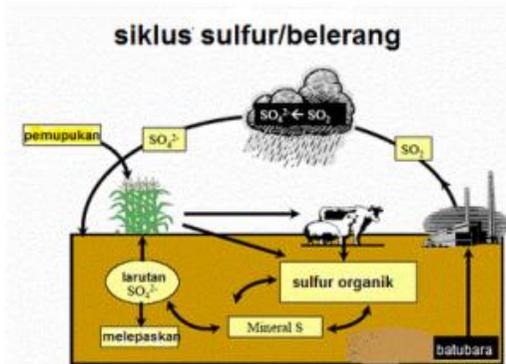
Sama seperti proses fotosintesis pada siklus karbon, matahari juga berperan penting dalam siklus hidrologi. Matahari merupakan sumber energi yang mendorong siklus air, memanaskan air dalam samudera dan laut. Akibat pemanasan ini, air menguap sebagai uap air ke udara. 90 % air yang menguap berasal dari lautan. Es dan salju juga dapat menyublim dan langsung menjadi uap air. Selain itu semua, juga terjadi evapotranspirasi air terjadi dari tanaman dan menguap dari tanah yang menambah jumlah air yang memasuki atmosfer.

Setelah air tadi menjadi uap air, Arus udara naik mengambil uap air agar bergerak naik sampai ke atmosfer. Semakin tinggi suatu tempat, suhu udaranya akan semakin rendah. Nantinya suhu dingin di atmosfer menyebabkan uap air mengembun menjadi awan. Untuk kasus tertentu, uap air berkondensasi di permukaan bumi dan membentuk kabut.

Arus udara (angin) membawa uap air bergerak di seluruh dunia. Banyak proses meteorologi terjadi pada bagian ini. Partikel awan bertabrakan, tumbuh, dan air jatuh dari langit sebagai presipitasi. Beberapa presipitasi jatuh sebagai salju atau hail, sleet, dan dapat terakumulasi sebagai es dan gletser, yang dapat menyimpan air beku untuk ribuan tahun. Snowpack (salju padat) dapat mencair dan meleleh, dan air

mencair mengalir di atas tanah sebagai snowmelt (salju yang mencair). Sebagian besar air jatuh ke permukaan dan kembali ke laut atau ke tanah sebagai hujan, dimana air mengalir di atas tanah sebagai limpasan permukaan.

## 5. Daur Sulfur



Gambar Siklus Sulfur

Sulfur hanya ada dalam sulfur anorganik, sulfur akan direduksi menjadi sulfida oleh bakteri yang berbentuk sulfur dioksida atau berbentuk hidrogen sulfida. Hidrogen Sulfida mampu memusnahkan makhluk hidup yang berada di perairan yang akhirnya akan menghasilkan bahan organik yang telah mati akibat pengurai. Tumbuhan pun dapat menyerap sulfur yang berbentuk sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Bakteri yang terlibat dalam proses daur belerang atau sulfur yaitu desulfibrio dan desulfomaculum berperan untuk mereduksi sulfat menjadi sulfida yang berbentuk ( $\text{H}_2\text{S}$ ) atau hidrogen sulfida, sulfida bermanfaat untuk bakteri Fotoautotrof anaerob seperti halnya Chromatium yang melepaskan sulfur serta oksigen.

Sulfur terjadi akibat dari proses terjadinya pembakaran bahan bakar fosil batu bara atau terjadi akibat adanya aktifitas gunung berapi, lalu asapnya itu akan naik ke atmosfer, atau udara sulfur oksida itu akan berada di awan yang menjadi hidrolisis air membentuk  $H_2SO_4$ , awan akan mengalami kondensasi yang akhirnya menurunkan hujan yang dikenal dengan hujan asam.

Air hujan itu akan masuk kedalam tanah yang akan diubah menjadi Sulfat yang sangat penting untuk tumbuhan. Sulfat hanya terdapat dalam bentuk anorganik ( $SO_4^{2-}$ ), sulfat ini yang mampu berpindah dari bumi atau alam ketubuh tanaman/ tumbuhan melalui penyerapan sulphate oleh akar. Sulfur akan direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan berbentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida.

## **G. Suksesi Ekologi**

Ketika sebagian besar anggota komunitas dihancurkan, seperti yang sering terjadi dekat dasar gunung berapi aktif, maka komunitas segera mulai pulih melalui proses yang disebut suksesi. Suksesi adalah proses perubahan dalam komunitas (ekosistem) yang berlangsung secara lambat dan teratur dalam waktu yang lama, menuju ke satu arah, dan menyebabkan pergantian suatu komunitas (ekosistem) oleh komunitas (ekosistem) yang lain. Berdasarkan kondisi komunitas awal pada daerah yang mengalami suksesi, maka tipe suksesi dapat dibedakan dua macam, yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder.

Jika semua kehidupan dihancurkan dari daerah, komunitas harus mulai dari awal untuk membangunnya kembali yang kemudian disebut dengan proses suksesi primer. Jika hanya beberapa bagian komunitas yang hancur

maka komunitas pulih melalui proses yang disebut suksesi sekunder.

#### 1. Suksesi Primer

Suksesi primer adalah suksesi yang terjadi pada lahan atau wilayah yang mula-mula tidak bervegetasi atau lahan yang pernah bervegetasi, tetapi mengalami gangguan berat hingga komunitas asal hilang secara total atau tidak ada lagi kehidupan. Gangguan berat tersebut antara lain letusan gunung berapi, gempa bumi, tanah longsor, endapan lumpur di muara sungai, endapan pasir di pantai, dan meluapnya lumpur panas. Substrat atau habitat baru yang terbentuk akibat gangguan berat tersebut, kemudian berangsur-angsur mengalami perkembangan ke arah terbentuknya komunitas baru yang lebih kompleks, hingga mencapai komunitas klimaks yang memiliki keseimbangan lingkungan yang dinamis.

#### 2. Suksesi Sekunder

Suksesi sekunder adalah suksesi yang terjadi pada lahan atau wilayah yang pada awalnya telah bervegetasi sempurna, kemudian mengalami kerusakan, tetapi tidak sampai menghilangkan komunitas asal secara total. Pada suksesi primer, vegetasi dan bakal kehidupan lainnya berasal dari luar habitat asli. Sementara pada suksesi sekunder, vegetasi dan bakal kehidupan lainnya berasal dari habitatnya sendiri dan sebagian lainnya berasal dan luar.

Suksesi sekunder terjadi dalam cara yang persis sama seperti suksesi primer, hanya saja suksesi sekunder dimulai dari komunitas yang sebagian terganggu. Komunitas yang sebagian terganggu pulih lebih cepat dari komunitas benar-benar hancur sama sekali karena proses kolonisasi dapat terjadi dari jarak dan waktu yang singkat. Selain itu, karena

beberapa perwakilan dari komunitas asli masih di dekatnya, hasil suksesi sekunder dalam masyarakat yang terlihat lebih mirip dengan masyarakat asli daripada mereka yang hasil dari suksesi primer. Pada akhirnya, baik suksesi primer dan sekunder dapat mengakibatkan komunitas klimaks yang stabil.

Pemahaman proses suksesi penting dipelajari supaya manusia dapat melestarikan dan memulihkan daerah yang terganggu oleh aktivitas manusia. Bahkan, upaya konservasi sangat bergantung pada konsep dan teori yang berkaitan dengan suksesi ekologi.

## **H. Ekosistem dalam Al-Qur'an**

Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Bila kita membicarakan mengenai konservasi ekosistem, maka hal tersebut merupakan bahasan kompleks yang tidak bisa lepas dari semua makhluk yang ada di bumi, baik faktor biotik maupun abiotik. Keseimbangan Ekosistem perlu ada penjagaan dan pengawasan dari manusia sebagai kholifah di bumi, karena bumi diciptakan dalam kondisi Seimbang atau ideal. Hal ini sesuai dengan QS. Al Hajj ayat 63,

*"Apakah kamu tidak melihat bahwasanya Allah menurunkan air dari langit, lalu menjadikan bumi itu hijau? Sesungguhnya Allah maha halus lagi maha mengetahui".*

Ayat ini menjelaskan bahwa alam diciptakan dalam kondisi hijau, namun sekarang kerusakan alam (keseimbangan ekosistem berubah) karena ulah manusia. Sesuai dengan QS. Al-an'am ayat 6 yang membahas mengenai kerusakan di darat dan dilaut karena ulah

manusia yang tidak memegang amanah sebagai khalifah di muka bumi.

Al Quran ternyata telah memuat berbagai ayat tentang pentingnya pelestarian satwa (hewan) dan menjaga keseimbangan ekosistem di bumi. Ayat-ayat yang memuat firman Allah SWT tersebut menegaskan peran penting manusia, sebagai khalifah di bumi, untuk turut serta menyelamatkan dan melestarikan satwa-satwa (termasuk satwa langka) agar tidak punah.

Dalam beberapa ayat tersebut, jelas menunjukkan pentingnya melakukan perlindungan dan pelestarian terhadap hewan, baik hewan peliharaan ataupun hewan liar (satwa liar). Pun dalam menjaga keseimbangan ekosistem di bumi. Beberapa ayat Al Quran tersebut diantaranya adalah sebagaimana dalam Al Quran Surat Al-An'am [6], ayat 38, Allah berfirman :

وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا طَائِرٍ يَطِيرُ بِجَنَاحَيْهِ إِلَّا أُمَمٌ أَمْثَلُكُمْ مَا فَرَّطْنَا فِي الْكِتَابِ مِنْ شَيْءٍ ثُمَّ إِلَىٰ رَبِّهِمْ يُحْشَرُونَ

*Dan tiadalah binatang-binatang yang ada di bumi dan burung-burung yang terbang dengan kedua sayapnya, melainkan umat (juga) seperti kamu. Tiadalah Kami alpakan sesuatu pun dalam Al-Kitab, kemudian kepada Tuhanlah mereka dihimpunkan.*

Dalam Al Quran Surat Al-Qashash [28], ayat 77, Allah berfirman :

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

*Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.*

Allah telah menjadikan dan menundukkan ciptaan-Nya untuk kepentingan manusia. Al Quran Surat Lukman [31], ayat 20, Allah SWT berfirman :

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ  
ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّبِينٍ

*Tidakkah kamu perhatikan Sesungguhnya Allah telah menundukkan untuk (kepentingan)mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa kitab yang memberi penerangan.*

Dalam Al Quran Surat Al Baqarah [2], ayat 29, Allah SWT berfirman :

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ اسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ  
وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya : Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. dan Dia Maha mengetahui segala sesuatu.

Dalam Al Quran Surat Al Baqarah [2], ayat 164, Allah SWT berfirman :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ  
بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ  
فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَّاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ  
لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya : Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.

Firman Allah SWT dalam Al Quran yang menyatakan tugas manusia sebagai khalifah di bumi untuk memakmurkan dan menjaga keseimbangan ekosistem, antara lain :

Dalam Al Quran Surat Al Baqarah [2], ayat 30, Allah SWT berfirman :

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا  
وَيَسْفُكُ الدِّمَاءَ وَحَنُنٌ نُسَيْخٌ يَحْمَدُكَ وَتُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya : Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada Para Malaikat: “Sesungguhnya aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi.” mereka berkata: “Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, Padahal Kami Senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?” Tuhan berfirman:

“Sesungguhnya aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui.”

*Firman Allah SWT dalam Al Quran Al Karim yang melarang manusia untuk berbuat kerusakan di bumi, termasuk di dalamnya terhadap satwa langka, antara lain :*

Dalam Al Quran Surat Al A'raf [7], ayat 56, Allah SWT berfirman :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَةَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.

Dalam Al Quran Surat Al Baqarah [2], ayat 60, Allah SWT berfirman :

وَإِذِ اسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِ فَقُلْنَا اضْرِبْ بِعَصَاكَ الْحَجَرَ فَانفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَشْرَبَهُمْ كُلُوا وَاشْرَبُوا مِنْ رِزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

Artinya : Dan (ingatlah) ketika Musa memohon air untuk kaumnya, lalu Kami berfirman: “Pukullah batu itu dengan tongkatmu”. lalu memancarlah daripadanya dua belas mata air. sungguh tiap-tiap suku telah mengetahui tempat minumnya (masing-masing). Makan dan minumlah rezki (yang diberikan) Allah, dan janganlah kamu berkeliaran di muka bumi dengan berbuat kerusakan.

Dalam Al Quran Surat Ar Rum [30], ayat 41, Allah SWT berfirman :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Kerusakan di daratan adalah ekosistem daratan (terrestrial ecosystem) yang digunakan tanpa memperhitungkan akibat-akibat yang dapat ditimbulkannya, misalnya pembabatan hutan mengakibatkan malapetaka longsor, banjir, dan serangan hewan penghuni hutan yang habitatnya terganggu oleh pemukiman penduduk di sekitarnya. Laut yang tercemar oleh zat-zat kimia, perusakan terumbu karang, eksploitasi kekayaan bawah air dan bawah tanah yang tidak memperhitungkan akibat bagi lingkungan manusia merupakan awal dari malapetaka manusia di muka bumi. Kerusakan itu sebagai akibat ulah manusia itu sendiri, terutama karena ketamakan dan kerakusan mereka dalam mengambil keuntungan material, tanpa memperhitungkan akibat dan masa depan alam dan generasi berikutnya.

Pendidikan lingkungan telah diajarkan oleh Rasulullah SAW kepada para sahabatnya. Abu Darda' ra. pernah menjelaskan bahwa di tempat belajar yang diasuh oleh Rasulullah SAW telah diajarkan tentang pentingnya bercocok tanam dan menanam pepohonan serta pentingnya usaha mengubah tanah yang tandus menjadi kebun yang subur. Perbuatan tersebut akan mendatangkan pahala yang besar di sisi Allah SWT dan bekerja untuk memakmurkan bumi adalah termasuk ibadah kepada Allah SWT.

Lingkungan merupakan suatu sistem. Suatu sistem terdiri atas komponen-komponen yang bekerja secara

teratur sebagai suatu kesatuan. Atau seperangkat unsur yang secara teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas. Lingkungan terdiri atas unsur biotik (manusia, hewan, dan tumbuhan) dan abiotik (udara, air, tanah, iklim dan lainnya). Allah SWT berfirman :

“Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakannya pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya.” (QS. 15 : 19-20).

Berkaitan dengan pemeliharaan lingkungan, Rasulullah SAW mengajarkan kepada kita tentang beberapa hal, diantaranya agar melakukan penghijauan, melestarikan kekayaan hewani dan hayati, dan lain sebagainya, sebagaimana sabda Rasul SAW:

“Barangsiapa yang memotong pohon Sidrah maka Allah akan meluruskan kepalanya tepat ke dalam neraka.” (HR. Abu Daud dalam Sunannya)

“Barangsiapa di antara orang Islam yang menanam tanaman maka hasil tanamannya yang dimakan akan menjadi sedekahnya, dan hasil tanaman yang dicuri akan menjadi sedekah. Dan barangsiapa yang merusak tanamannya, maka akan menjadi sedekahnya sampai hari Kiamat.” (HR. Muslim).

“Setiap orang yang membunuh burung pipit atau binatang yang lebih besar dari burung pipit tanpa ada kepentingan yang jelas, dia akan dimintai pertanggungjawabannya oleh Allah.” Ditanyakan kepada Nabi : “Wahai Rasulullah, apa kepentingan itu ?” Rasulullah menjawab : “Apabila burung itu disembelih untuk dimakan, dan tidak memotong kepalanya kemudian dilempar begitu saja.” (Imam Ahmad,

al-Nasa'i, al-Darami, dan Imam al-Hakim meriwayatkan dan al-Hakim).

Untuk mengatasi masalah tersebut, pendekatan yang dapat kita lakukan diantaranya dengan pengembangan sumber daya manusia yang handal, pembangunan lingkungan berkelanjutan, dan kembali kepada petunjuk Allah SWT dan Rasul-Nya dalam pengelolaan lingkungan hidup. Adapun syarat SDM handal antara lain SDM sadar akan lingkungan dan berpandangan holistik, sadar hukum, dan mempunyai komitmen terhadap lingkungan. Kita diajarkan untuk hidup serasi dengan alam sekitar kita, dengan sesama manusia dan dengan Allah SWT. Allah berfirman : “Dan tiadalah Kami mengutus kamu, melainkan untuk (menjadi) rahmatan lil’alamiin” (QS. 21:107).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walters, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell* (ed. 4). New York: Garland Science.
- Bechtel, William (2006). *Discovering Cell Mechanisms: The Creation of Modern Cell Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Campbell, N.A.; Reece, J.B.; Mitchell, L.G. (2002). *Biologi 1*. Diterjemahkan oleh R. Lestari dkk. (ed. 5). Jakarta: Erlangga.
- Campbell, N.A.; Reece, J.B.; Mitchell, L.G. (2004). *Biologi 3*. Diterjemahkan oleh W. Manalu (ed. 5). Jakarta: Erlangga.
- Clements, M.; Saffrey, J. (2001). "Communication between Cells". In Saffrey, J. (penyunting). *The Core of Life 2*. Milton Keynes: The Open University.
- Cooper, G.M. (2000). *The Cell: A Molecular Approach* (ed. 2). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Everson, Ted (2007). *The Gene: a historical perspective*. Westport, CT: Greenwood Press.
- Fried, George H.; Hademenos, George J. (2006). *Schaum's Outlines Biologi*. Diterjemahkan oleh D. Tyas (ed. 2). Jakarta: Erlangga.
- Harris, Henry (2000). *The Birth of the Cell*. New Haven: Yale University Press.

- Hay, Elizabeth D. (1992), "Cell Biology", in Morris, C. et al. (penyunting), *Academic Press Dictionary of Science and Technology*, San Diego: Academic Press.
- Karp, Gerald (2009). *Cell and Molecular Biology: Concepts and Experiments* (ed. 6). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Kratz, R.F. (2009). *Molecular & Cell Biology for Dummies* (dalam bahasa Inggris). Hoboken, NJ: John Wiley & Son.
- Lodish, H.; Berk, A.; Zipursky, S.L.; Matsudaira, P.; Baltimore, D; Darnell, J. (2000). *Molecular Cell Biology* (ed. 4). New York: W. H. Freeman.
- Magner, L.N. (2002). *A History of the Life Sciences* (ed. 3). New York: CRC Press.
- Marks; Marks, A.D.; Smith, C.M. (2000). *Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis*. Diterjemahkan oleh B.U. Pendit. Jakarta: EGC.
- Pommerville, J.C. (2011). *Alcamo's Fundamentals of Microbiology* (dalam bahasa Inggris) (ed. 9). Sudbury, MA: Jones & Bartlett Publishers.
- Russell, P.J.; Hertz, P.E.; McMillan, B. (2011). *Biology: The Dynamic Science 1* (ed. 2). Belmont, CA: Cengage Learning.
- Schwartz, James (2008). *In Pursuit of the Gene: From Darwin to DNA* (dalam bahasa Inggris). Cambridge: Harvard University Press.
- Sloane, Ethel (2003). *Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula*. Diterjemahkan oleh J. Veldman. Jakarta: EGC.

Solomon, E.P.; Berg, L.R.; Martin, D.W. (2004). *Biology* (dalam bahasa Inggris) (ed. 7). Belmont, CA: Cengage Learning.

Starr, C.; Taggart, R.; Evers, C.; Starr, L. (2008). *Cell Biology and Genetics*. *Biology: The Unity and Diversity of Life 1* (ed. 12). Belmont, CA: Cengage Learning.

Stewart, Melissa (2007). *Cell Biology* (dalam bahasa Inggris). Minneapolis: Twenty-First Century Books.

Stone, C.L. (2004). *The Basics of Biology*. Westport, CT: Greenwood Press.

Wheelis, Mark (2008). *Principles of Modern Microbiology* (dalam bahasa Inggris). Sudbury, MA: Jones & Bartlett Learning.

Yuwono, Triwibowo (2007). *Biologi Molekular*. Jakarta: Erlangga.

<http://biologimediacentre.com/jaringan-pada-tumbuhan-2-jaringan-dewasa/>

<http://id.wikipedia.org/wiki/Jaringan>

## **BIODATA PENULIS**

**Susilawati, M.Pd.**



Susilawati, S.Pd., M.Pd. lahir di Kuala Simpang, Aceh Tamiang, NAD pada tanggal 27 Februari 1984. Anak pertama dari tiga bersaudara pasangan dari Zulkifli dan Lindawati. Istri dari Dedy Syafhendri, SHI. dan ibu dari tiga orang anak. Setelah menyelesaikan studi sarjana (S1) pada tahun 2006 pada Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau, melanjutkan jenjang strata dua (S2) di Sekolah Pascasarjana pada Program Studi Pendidikan Dasar Konsentrasi Sains, tamat tahun 2009. Sejak tahun 2009 mengabdikan diri sebagai dosen tetap (PNS) di UIN Suska Riau pada Prodi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, dan sejak 2017 menjadi dosen Jurusan Tadris IPA sekaligus menjadi Ketua Program Studi Tadris IPA sampai sekarang. Sejak mahasiswa, penulis aktif diberbagai organisasi kemahasiswaan dan organisasi profesi, diantaranya Perhimpunan Pendidik IPA Indonesia (PPII), Himpunan Pendidik dan Peneliti Biologi (HPPBI), Asosiasi Dosen Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah (AD PGMI). Penulis juga aktif melakukan penelitian dan penulisan karya ilmiah baik di dalam maupun di luar lingkungan UIN Suska Riau sampai sekarang.

## **Dr. Hj. Nurhasanah Bakhtiar, M. Ag**



Dr. Hj. Nurhasanah Bakhtiar, M.Ag lahir di Kota Tengah (Rokan Hulu) Riau pada tanggal 14 Mei 1973. Anak pertama dari lima bersaudara pasangan dari H. Bakhtiar Rahman (alm) dan Hj. Aminah. Istri dari H. Abdurrahman , S.Pd dan ibu dari empat orang anak. Setelah menyelesaikan studi sarjana (S1) pada tahun 1996 pada jurusan Pendidikan Bahasa Arab Fakultas Tarbiyah dan Keguruan IAIN Susqa Pekanbaru mendapat beasiswa untuk melanjutkan studi di IAIN Sumatera Utara di Medan. Setelah menempuh masa studi selama dua tahun, program pascasarjana (S2) dapat diselesaikan pada tahun 1998 pada program Studi Islam (Islamic Studies). Program doktoral (S3) pada Prodi Pendidikan Agama Islam di Program Pascasarjana UIN SUSKA Riau selesai pada Februari 2018. Sejak tahun 1998 mengabdikan diri sebagai dosen luar biasa di IAIN Susqa Pekanbaru dan diangkat menjadi dosen tetap (PNS) pada tahun 2001. Penulis juga aktif melakukan penelitian dan penulisan karya ilmiah baik di dalam maupun di luar lingkungan UIN Suska Riau sejak tahun 2006 sampai sekarang.

