

Aplikasi Metode Ground Penetrating Radar (GPR) Untuk Identifikasi Seam Batubara

Nurhikmah Jufri^{1,*}, Lantu¹, Muh. Altin Massinai¹

Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Email: nurhikmahjufri@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk mendeteksi keberadaan *seam* batubara berdasarkan profil radargram yang dihasilkan dari proses perekaman di sekitar blok Sungai Keruh. Metode GPR bekerja berdasarkan prinsip penjalaran gelombang elektromagnetik. Hasil dari metode ini berupa resolusi data mentah (*raw data*) yang menggambarkan profil vertikal bawah permukaan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data GPR menggunakan Software ReflexW untuk meningkatkan *signal to noise ratio*. Hasil pengolahan data diinterpretasi untuk menentukan zona-zona perlapisan batubara berdasarkan kontras kecepatan yang berbeda pada masing-masing lapisan sebagai bidang kontak antara zona top soil ($v=7 \times 10^7$ m/s), zona lapisan batupasir ($v=5 \times 10^7$ m/s), zona lapisan batubara ($v=15 \times 10^7$ m/s), dan zona lapisan lempung ($v=8 \times 10^7$ m/s). Analisis data GPR menunjukkan kemenerusan pada bidang dengan kontras kecepatan sebagai kontak batuan yang potensial sebagai *seam* batubara yang tersebar pada kedalaman 20 meter dengan ketebalan lapisannya berkisar 13 meter.

Kata Kunci : GPR, Software ReflexW, Seam Batubara

Application of Ground Penetrating Radar Method For Identified Coal Seam

Nurhikmah Jufri^{1,*}, Lantu¹, Muh. Altin Massinai¹

Geophysics Study Program, Physics Departement, Faculty of Mathematic and Science, Hasanuddin University

Email: nurhikmahjufri@gmail.com

Abstrack. This research has been conducted using Ground Penetrating Radar (GPR) method for determined coal seam existense based radargram profile obtained from recording process around Sungai Keruh area. The principle of this method based on electromagnetic waves propagation theory. The obtained result is raw data resolution which showed subsurface vertical profile. The next step is data processing using ReflexW software to improving signal to noise ratio. The processing result is interpreted for identified coal layered zone base on velocity contrast wich different for each layers as contact plane between top soil zone ($v=7 \times 10^7$ m/s), sandstone layer zone ($v=5 \times 10^7$ m/s), coal layer zone (15×10^7 m/s), and claystone layer zone ($v=8 \times 10^7$ m/s). GPR data analysis showed the lateral profile on plane with velocity contrast as potensial rock plane for coal seam which distributed on 20 meters which thick it's layer about 13 meters.

Keyword : GPR, ReflexW Software, Coal Seam

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan teknologi eletronika dalam beberapa tahun ini, telah melahirkan suatu metode yang sangat baik untuk pendeteksian bawah tanah karena memiliki cakupan spesialisasi dan pengaplikasian yang sangat luas, yaitu *Ground Penetrating Radar* (GPR). Metode GPR menggunakan gelombang eletromagnetik untuk mencitrakan kondisi bawah permukaan bumi, bersifat non-destruktive,

mempunyai resolusi yang tinggi dan dapat memberikan gambaran bawah permukaan secara kontinyu dan cepat, khususnya untuk eksplorasi dangkal. Terdapatnya beberapa singkapan batubara di sekitar blok Sungai Keruh menjadikan metode ini digunakan untuk mencitrakan kondisi bawah permukaan tanah untuk mengetahui perlapisan batubara dibawah permukaan dari singkapan yang muncul di permukaan.

Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini digunakan data GPR sekunder hasil pengukuran di daerah Sungai Keruh, Kabupaten Muara Tebo, Provinsi Jambi. Data rekaman GPR diolah menggunakan Software ReflexW untuk meningkatkan *signal to noise ratio*. Hasil pengolahan data dianalisis dengan mengidentifikasi tiap sekuen untuk mendeteksi keberadaan *seam* batubara.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan gambaran keberadaan *seam* batubara berdasarkan profil radar 2D hasil *scanning* GPR dan menentukan batas-batas zona perlapisan barubara secara vertikal.

TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Regional Daerah Penelitian

Geologi daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan yang merupakan cekungan yang berbentuk asimetris, dibatasi oleh sesar dan singkapan batuan Pra-Tersier yang mengalami pengangkatan di bagian barat daya sepanjang bukit barisan (Koesoemadinata, 1978).

Stratigrafi Regional

Urutan stratigrafi pada Cekungan Sumatera Selatan merefleksikan sejarah tektonik pada wilayah tersebut. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan dikelompokkan menjadi dua, yaitu kelompok Telisa yang merupakan formasi-formasi yang terbentuk pada fase transgresi dan kelompok Palembang yang terbentuk pada fase Regresi. Daerah penelitian termasuk dalam kelompok Palembang, mencakup tiga formasi dari tua ke muda, yaitu :

1. Formasi Airbenakat (Tma)

Formasi Airbenakat diendapkan secara selaras di atas Formasi Gumai, dan merupakan awal fase regresi. Didominasi oleh shale sisipan batu lanau, batu pasir dan batu gamping. Ketebalannya antara 100 – 1000 meter. Berumur awal Miosen Tengah – awal Miosen Akhir, dan diendapkan di lingkungan laut dangkal.

2. Formasi Muara Enim (Tm_{pm})

Satuan ini terendapkan di laut dangkal hingga wilayah payau, dataran delta serta lingkungan non-marine yang terdiri atas batu pasir, batu lempung dan lapisan batubara. Bagian atas dan bawah formasi ini dicirikan oleh keterdapatannya lapisan batubara yang menerus lateral. Bagian formasi yang menipis, lapisan batubaranya pun tipis atau bahkan tidak ada. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat *subsidence* (amblesan) berperan penting dalam pengendapan batubara. Formasi Muara Enim berumur Miosen Akhir – Pliosen Awal, dan diendapkan secara selaras di atas Formasi Air Benakat pada lingkungan laut dangkal, paludal, dataran delta dan non-marine.

3. Formasi Kasai (Qtk)

Litologi Formasi Kasai berupa *pumice tuff* (batu apung), batu pasir tufaan dan batu lempung tufaan. Fasies pengendapannya fluvial dan alluvial fan dengan sedikit *ashfall* (jatuhan erupsi vulkanik, non-andestik). Pada Formasi Kasai hanya ditemukan sedikit fosil, berupa moluska air tawar dan fragmen-fragmen tumbuhan. Umur Formasi ini adalah Pliosen Akhir – Plistosen awal yang diendapkan secara tidak selaras diatas formasi Muara Enim dalam lingkungan darat.

Struktur Geologi Regional

Cekungan Sumatera Selatan merupakan suatu cekungan busur belakang (*back-arc basin*) berumur Tersier yang berada di antara blok mikro-kontinen stabil, yang disebut sebagai paparan Sunda, dan zona subduksi aktif di antara Lempeng Samudera Hindia yang bergerak ke arah utara dan Lempeng Eurasia yang stabil. Secara fisiografis daerah penelitian terletak dibagian utara Cekungan Sumatera Selatan (Koesoemadinata, 1978).

Geomorfologi Regional

Daerah penelitian dikelompokkan menjadi 3 satuan morfologi yaitu perbukitan curam, perbukitan bergelombang dan daratan. Morfologi perbukitan curam didominasi oleh lereng bukit mencapai 60° dengan ketinggian 100 m - 850 m (dpl). Morfologi perbukitan gelombang mencirikan lereng bukit berkisar 15° – 20° dengan ketinggian antara 50 m-200 m (dpl). Satuan morfologi ini tersusun oleh batuan sedimen berumur tersier tengah sampai akhir. Sedangkan morfologi daratan didominasi

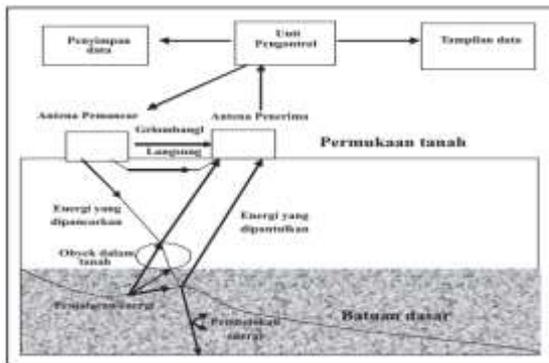
oleh aluvium dan endapan rawa yang membentuk *meander* dan danau berbentuk *oxbow lake*, menunjukkan bahwa erosi lateral dan pengendangan ulang masih berlangsung, (Asikin, 1998).

Ground Penetrating Radar

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mendeteksi benda – benda yang terkubur di bawah tanah dengan tingkat kedalaman tertentu, dengan menggunakan sumber gelombang elektromagnetik berupa radar (*Radio detection and ranging*) biasanya dalam range 10 MHz sampai 1GHz (Heteren, dkk., 1998). Metode ini bersifat tidak merusak dan mempunyai resolusi yang tinggi, tetapi terbatas sampai kedalaman beberapa puluh meter saja, (Knight, 2001).

Prinsip Kerja GPR

Pada dasarnya GPR bekerja dengan memanfaatkan pemantulan sinyal. Teknik penggunaan metode GPR adalah sistem *Electromagnetic Subsurface Profiling* (ESP), dengan cara memanfaatkan pengembalian gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui permukaan tanah dengan perantara antenna (Heteren, dkk., 1998).



Gambar 1. Prinsip kerja GPR (Bahri, dkk., 2012).

Unit kontrol radar menghasilkan pulsa *trigger* tersinkronasi ke pengirim dan penerima elektronik di antenna. Pulsa ini mengendalikan pengirim dan penerima elektronik untuk menghasilkan sampel gelombang dari pulsa radar yang dipantulkan. Pulsa ini akan dipancarkan oleh antenna ke dalam tanah. Pulsa ini akan mengalami atenuasi (pelemahan) dan cacat sinyal lainnya selama perambatannya di tanah. Sinyal ini kemudian diproses oleh rangkaian penerima. Kedalaman objek dapat diketahui dengan mengukur selang waktu antara pemancaran dan

penerimaan pulsa. Dalam selang waktu ini, pulsa akan bolak balik dari antenna ke objek dan kembali lagi ke antenna, (Daniel, D.J, 2004). Jika selang waktu dinyatakan dalam t , dan kecepatan propagasi gelombang elektromagnetik dalam tanah v , maka kedalaman objek yang dinyatakan dalam h adalah :

$$h = \frac{1}{2} tv \tag{1}$$

Persamaan Gelombang Elektromagnetik dalam GPR

Persamaan gelombang elektromagnetik dalam *Ground Penetrating Radar* didasarkan atas persamaan Maxwell. Persamaan Maxwell terdiri empat persamaan differensial yang menyatakan hubungan antara medan listrik dan medan magnet, yang juga menyatakan arah perambatan, transmisi, refleksi dan juga difraksi pada gelombang elektromagnetik (Supriyanto, 2007). Persamaan-persamaan tersebut adalah :

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon} \tag{2}$$

$$\nabla \cdot B = 0 \tag{3}$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \tag{4}$$

$$\nabla \times B = \mu\sigma E + \epsilon\mu \frac{\partial E}{\partial t} \tag{5}$$

Dimana :

- E = Kuat medan listrik (V/m)
- B = Induksi Magnetik (Wb/m² atau Tesla)
- μ = Permeabilitas Magnetik (H/m)
- σ = Konduktivitas Listrik (mS/M)
- ϵ = Permittivitas listrik (F/m)

Kecepatan gelombang eletromagnetik dalam medium diberikan oleh persamaan (Musset and Khan, 1993):

$$v_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{8}$$

Untuk ruang hampa kecepatan propagasi gelombang elektromagnetik adalah :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \tag{9}$$

Dimana :

- c = Kecepatan cahaya (3x10⁸ m/s)
- ϵ_0 = Permittivitas listrik ruang hampa (8.84x10⁻¹² F/m)

μ_0 = Permeabilitas Magnetik ruang hampa (1.26×10^{-6} H/m)

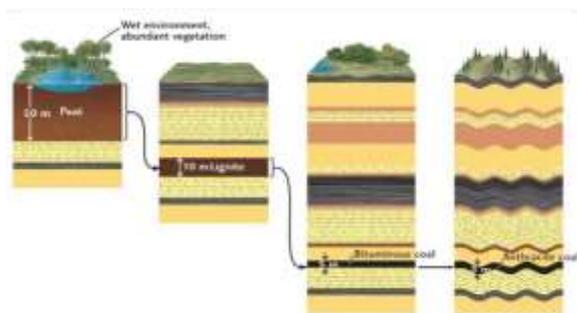
Batubara

Genesa Batubara

Batubara adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Proses perubahan tumbuhan menjadi batubara itu disebut dengan *coalification* (pembentukan batubara), (Iswati, 2012).

Proses Pembentukan Batubara

Proses awalnya pembentukan batubara yaitu endapan tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*), yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignit*) atau disebut pula batubara coklat (*brown coal*). Setelah mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara sub-bituminus (*sub-bituminous*). Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam sehingga membentuk bituminus (*bituminous*) atau antrasit (*anthracite*). Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.



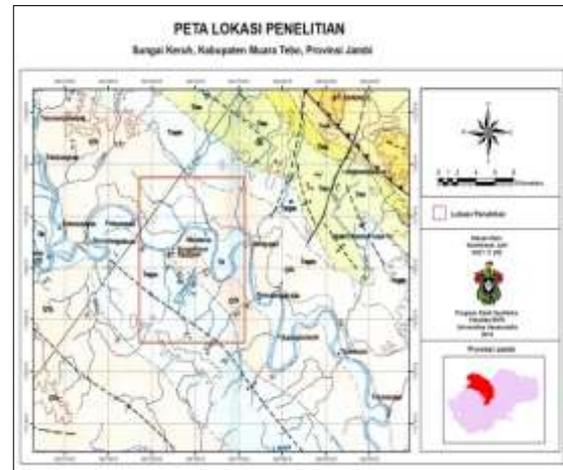
Gambar 2. Skema Pembentukan Batubara (Iswati, 2012).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data GPR (sekunder) milik PT. Antam (Persero) Tbk Unit Geomin yang

merupakan hasil pengukuran di daerah Sungai Keruh, Kabupaten Muara Tebo, Provinsi Jambi. Berikut adalah peta lokasi penelitian.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

Metode Perolehan Data

Pengukuran GPR dilakukan menggunakan peralatan GSSI SIR 3000 dengan *transducer* 80 MHz. Metode pengukuran yang digunakan adalah metode *Fixed T/R Offset Mode Continuous*, dimana metode ini melakukan pengumpulan profil radar (*scanning*) secara terus-menerus pada lintasan yang memotong singkapan batubara yang terdapat di blok Sungai Keruh. Hasil pencitraan GPR menghasilkan resolusi data mentah (*raw data*) yang kemudian dilakukan pengolahan lanjutan untuk menyaring dan meminimalkan pengaruh dari adanya gelombang langsung dan kesalahan yang diakibatkan oleh alat saat pengukuran dilapangan.

Metode Pengolahan Data

1. Processing Data
 - a. *Distance Normalization* : proses normalisasi jarak. Proses ini dilakukan untuk mengubah jarak pada profil radar sesuai dengan panjang lintasan pengukuran di lapangan.
 - b. Koreksi Statis (*Static Correction*) : proses pengkoreksian posisi antenna *transmitter* dan *receiver*. Pada tahap ini koreksi statis yang digunakan adalah *move starttime* yaitu menghilangkan pengaruh dari *direct wave* dan gelombang udara secara manual.
 - c. *Subtrack-mean* (Dewow) : proses peniadaan noise yang koheren. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan yang terekam di radargram.

- d. *Gaining* (Penguatan amplitudo) merupakan proses perubahan sinyal. Proses ini dilakukan menggunakan *manual gain* (y) dimana proses ini hanya memberikan penguatan sinyal terhadap sinyal-sinyal yang dianggap terlalu lemah.
- e. *Filtering Data* : proses pemisahan sinyal dan noise yang berbeda frekuensi. *Filtering* data menggunakan *Bandpassfrequency* dengan membatasi nilai jangkauan frekuensi antara 30-80 MHz.
- f. *Horizontal Scaling* : proses penghilangan gangguan arah mendatar. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan *noise* dari seluruh profil dan membuat sinyal terlihat yang sebelumnya tertutup oleh *noise*. Ada dua proses *horizontal scaling* yaitu *Background removal* dan *Fk-Filter/Fk-spektrum*. *Background removal* bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang berulang pada seluruh profil. *Fk-Filter/Fk-spektrum* dilakukan untuk menggabungkan beberapa sinyal refleksi.

2. Picking Perlapisan Batuan

Dari profil GPR di lakukan proses *picking layer* dengan membuat model untuk menentukan batas-batas perlapisan batuan pada arah vertikal. *Picking layer* dilakukan berdasarkan model *phase follower* dan *continuous pick*. Pada model *phase follower*, *picking* dilakukan secara otomatis dengan mengikuti fase gelombang yang terefleksikan pada profil GPR sehingga didapatkan batas-batas lapisan batuan yang memiliki amplitudo gelombang yang sama. Sedangkan untuk model *continuous pick*, *picking* dilakukan secara kontinyu dengan menarik garis sesuai yang diinginkan sehingga dapat ditentukan batas-batas lapisan batumannya berdasarkan hasil analisis tiap sekuen.

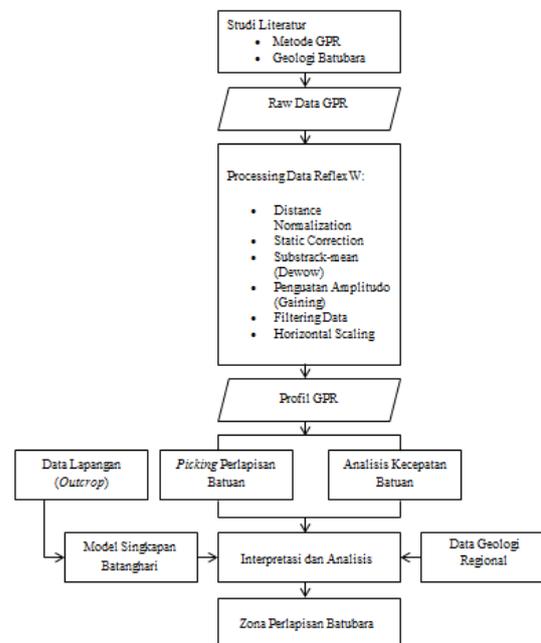
3. Analisis Kecepatan (*Velocity Adaptation*)

Analisis kecepatan dilakukan dengan menggunakan *velocity adaptation* berdasarkan model *Refraction hyperboales*. Model tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa besar kecepatan dari lapisan batuan yang terdeteksi. Dari analisis tersebut diperoleh nilai kecepatan yang berbeda pada tiap-tiap lapisan.

Analisis dan Interpretasi

Interpretasi data GPR dilakukan menggunakan data pendukung seperti data geologi regional daerah penelitian dan berdasarkan model singkapan batubara (*Outcrop*) yang telah dibuat dari hasil survei lapangan di sekitar lokasi penelitian. Interpretasi yang dilakukan yaitu menentukan zona-zona perlapisan batubara dan menentukan kecepatan gelombang radar pada zona-zona tersebut. Kemudian dilakukan analisis data untuk menentukan kedalaman dari masing-masing lapisan batumannya. Dengan adanya data pendukung ini, maka hasil interpretasi data akan semakin tepat.

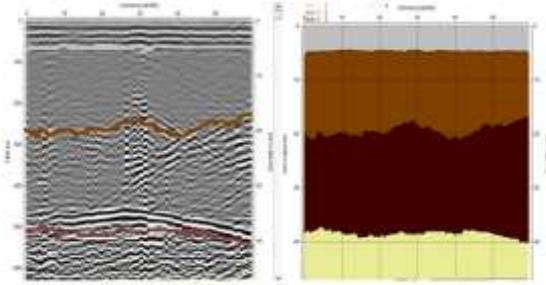
Bagan Alir Penelitian



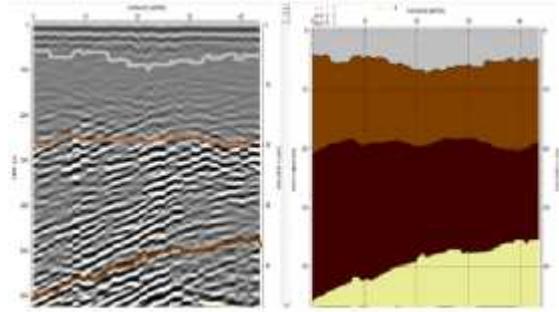
Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

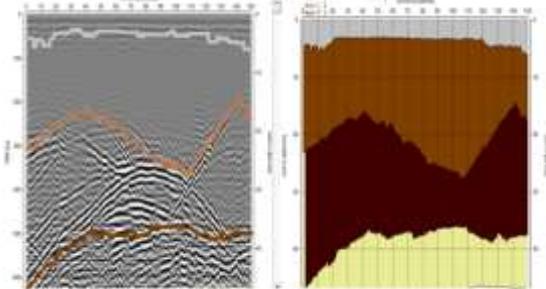
Berdasarkan profil GPR seluruh lintasan pengukuran, diperoleh zona perlapisan batuan yang sama dengan memperhatikan pola refleksi yang menerus di sepanjang lintasan pengukuran. Sumbu vertikal pada profil GPR dinyatakan dengan waktu dan kedalaman. Sedangkan pada sumbu horizontal merupakan jarak tempuh antenna *transmitter* dan *receiver*.



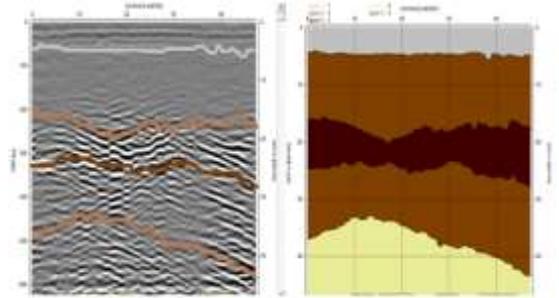
Gambar 5. Perlapisan Batuan Lintasan 1



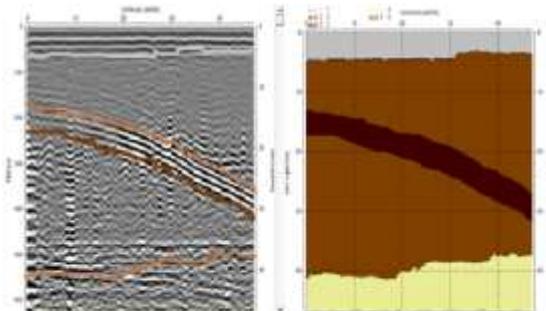
Gambar 10. Perlapisan Batuan lintasan 6



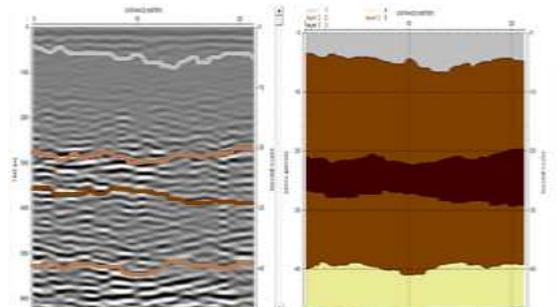
Gambar 6. Perlapisan Batuan lintasan 2



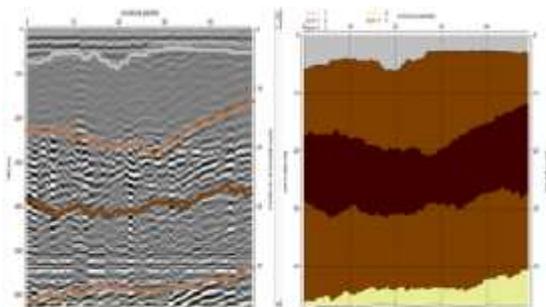
Gambar 11. Perlapisan Batuan lintasan 7



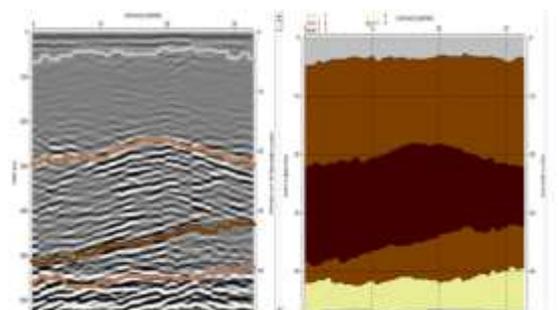
Gambar 7. Perlapisan Batuan lintasan 3



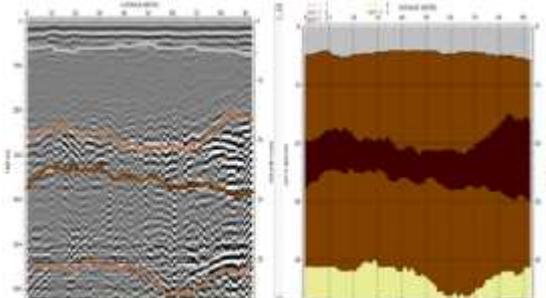
Gambar 12. Perlapisan Batuan lintasan 8



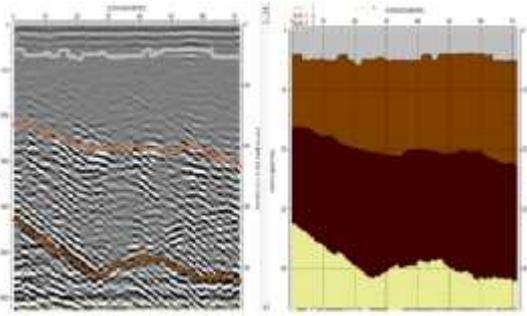
Gambar 8. Perlapisan Batuan lintasan 4



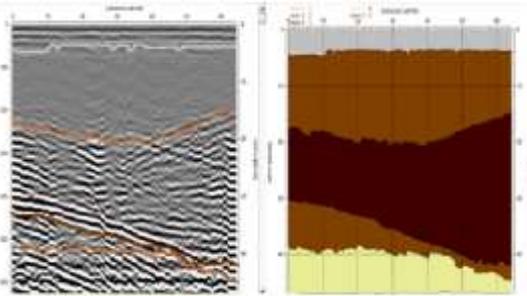
Gambar 13. Perlapisan Batuan lintasan 9



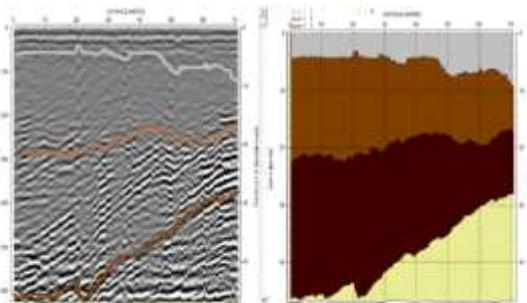
Gambar 9. Perlapisan Batuan lintasan 5



Gambar 14. Perlapisan Batuan lintasan 10



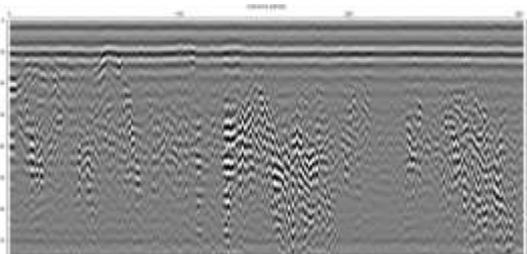
Gambar 15. Perlapisan Batuan lintasan 11



Gambar 16. Perlapisan Batuan lintasan 12

Pemodelan GPR Singkapan Batubara Batanghari

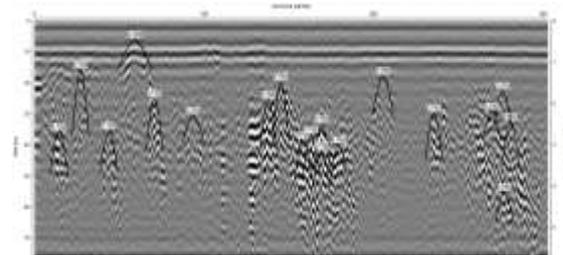
Untuk meyakinkan hasil analisis dan interpretasi data di sepanjang lintasan pengukuran daerah penelitian, dilakukan korelasi antar profil GPR dengan membuat model pencitraan pada singkapan batubara yang terdapat di dekat sungai Batanghari yang berjarak sekitar 5 km kearah timur dari lokasi penelitian. Profil GPR untuk model singkapan Batanghari diperoleh seperti pada gambar berikut.



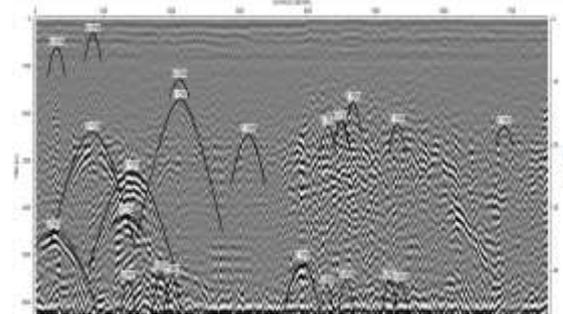
Gambar 17. Model GPR Singkapan Batanghari

Pada **gambar 4.25** menunjukkan kemenerusan dari respon batubara yang tersingkap dipermukaan dan jika dikaitkan dengan profil GPR dari respon batubara di daerah penelitian, memperlihatkan gambaran bawah permukaan yang sama sehingga dapat dikatakan bahwa model singkapan batubara Batanghari memiliki kesamaan perlapisan batuan dari segi pola reflektornya.

Analisis Kecepatan (*Velocity Adaptation*) Profil GPR



Gambar 18. *Velocity Adaptation* Model GPR Singkapan Batanghari



Gambar 19. *Velocity Adaptation* Profil GPR Lintasan Pengukuran

Dari hasil *picking velocity* (kecepatan) pada profil GPR singkapan batubara Batanghari diperoleh nilai kecepatan gelombang radar yang sama dengan hasil *picking velocity* pada profil GPR di daerah penelitian.

Kontras kecepatan hasil *picking* pada masing-masing lapisan menandakan adanya perubahan/perbedaan jenis batuan dilihat juga dari kontras amplitudo *picking* (karena kecepatan berbanding lurus dengan amplitudo gelombang). Kecepatan gelombang radar yang melalui batas-batas lapisan tergantung pada konstanta dielektriknya yang dirumuskan melalui persamaan $\epsilon = \left(\frac{c}{v}\right)^2$. Berdasarkan persamaan tersebut dapat didefinisikan bahwa kecepatan gelombang radar dan konstanta dielektrik berbanding terbalik,

artinya semakin besar nilai konstanta dielektrik maka akan semakin rendah kecepatan gelombang elektromagnetik pada medium yang dilaluinya. Adanya perbedaan nilai konstanta dielektrik akan mengontrol tinggi rendahnya amplitudo gelombang radar yang terpantulkan (*reflection*) pada bidang fasies perlapisan.

Dengan memperhatikan profil GPR dari seluruh lintasan, terdapat 3 lapisan yang merupakan bidang batas antar 4 jenis batuan. Keempat lapisan ini dibatasi oleh 3 reflektor yang digambarkan dalam skala warna yang berbeda, secara berturut-turut yaitu untuk lapisan pertama dengan garis berwarna abu-abu yang merupakan batas lapisan antara top soil (lapisan penutup) dengan batupasir, garis coklat muda merupakan lapisan antara batupasir dengan batubara dan garis berwarna coklat merupakan batas antara lapisan batubara dengan lempung. Model perlapisan batuan pada profil GPR secara berurut adalah top soil (lapisan penutup), batupasir (*sandstone*), batubara (*coal*) dan lempung (*clay*).

Top soil (lapisan penutup) merupakan lapisan yang sangat resistif dan kandungan air tanah yang sedikit menyebabkan amplitudo sinyal pada lapisan ini sangat kuat karena absorpsi energi gelombang radarnya kecil. Pada umumnya konstanta dielektrik relatif rata-rata lapisan top soil (tanah penutup) adalah 16 F/m, dan kecepatan perambatan gelombang pada lapisan ini adalah sekitar 7×10^7 m/s. Sehingga diperkirakan ketebalan rata-rata lapisan ini berkisar 4 meter.

Lapisan batupasir merupakan lapisan yang konduktif sehingga amplitudo sinyal refleksi pada lapisan ini lemah karena absorpsi energi gelombang radarnya lebih besar. Lapisan ini memiliki konstanta dielektrik relatif sekitar 25 F/m, dan kecepatan perambatan gelombangnya sekitar 5×10^7 m/s. Lapisan batupasir memiliki ketebalan rata-rata berkisar 23 meter.

Lapisan batubara merupakan lapisan yang memiliki nilai konduktivitas yang rendah dibandingkan lapisan batu pasir dan lempung, menyebabkan amplitudo sinyal refleksi pada lapisan ini lebih kuat karena absorpsi energi gelombang radarnya kecil. Konstanta dielektrik relatif lapisan batubara adalah sekitar 4 F/m, dengan kecepatan perambatan gelombang lapisan ini sekitar 15×10^7 m/s, sehingga diperoleh ketebalan rata-rata lapisan ini adalah 13

meter, mengingat batubara pada lokasi penelitian terdapat didalam lapisan batupasir menjadikan lapisan batubara tersebar secara lateral disepanjang lintasan pengukuran. Dengan demikian, kemenerusan pola reflektor batubara merupakan kontak batuan yang potensial sebagai *seam* batubara.

Lapisan lempung merupakan lapisan yang konduktif dan kandungan air tanah yang relatif banyak sehingga amplitudo sinyal refleksi lapisan ini menjadi lemah karena mengalami atenuasi dan absorpsi energi gelombang radar yang besar pada bidang lapisan. Pada lapisan ini, konstanta dielektrik relatifnya adalah sekitar 3 F/m dengan kecepatan perambatan gelombangnya adalah 8×10^7 m/s sehingga diperoleh ketebalan lapisan lempung berkisar 7 meter dan merupakan batas maksimum kedalaman penetrasi (*Skin Depth*) yang dapat dijangkau oleh sinyal yang ditransmisikan oleh antena.

Ketidakterusan pola refleksi ini mengindikasikan terdapatnya heterogenitas pola pengendapan batuan mengingat kondisi daerah penelitian berada pada zona transisi *upper delta plain*, dimana pada kondisi ini pengendapannya dicirikan dengan perubahan yang cukup drastis kearah lateral.

Daerah *delta plain* ini didominasi oleh batu lempung dan batupasir dengan kedalaman berkisar dari 5 - 46 meter. Batubara yang terbentuk pada sub lingkungan *delta plain* akan memiliki karakteristik/sifat fisik dan kimia, ketebalan dan penyebaran lapisan batubara tertentu dan berlainan satu sama lainnya. Batubara yang terbentuk di blok Sungai Keruh merupakan jenis *bright coal* (Sub-Bituminous), memiliki kandungan abu tinggi, kandungan sulfur rendah, nilai kalori rendah dan penyebarannya bersifat *discontinue* dengan ketebalan rata-rata dari seluruh lintasan mencapai 13 meter.

KESIMPULAN

1. Pada penelitian ini, metode GPR berhasil mendeteksi kemenerusan pola reflektor yang terefleksikan dari hasil *scanning* dan merupakan kontak batuan yang potensial sebagai *seam* batubara.
2. Berdasarkan hasil interpretasi data diperoleh zona-zona perlapisan batubara pada kedalaman yang bervariasi. Zona-zona tersebut adalah top

soil pada kedalaman hingga 5 meter, batupasir (*sand*) pada kedalaman sekitar 8-16 meter, batubara (*coal*) pada kedalaman 20-40 meter dan lempung (*clay*) pada kedalaman 40 meter.

- Keberadaan batubara pada formasi batuan yang terefleksikan dari jejak reflektor didasarkan pada korelasi profil GPR lintasan hasil pengukuran dengan model GPR singkapan Batanghari. Ketebalan lapisan batubara dengan *seam* yang sama, memiliki ketebalan rata-rata sekitar 13 meter.

SARAN

- Perlu dilakukan pengukuran Georadar dengan menggunakan antenna frekuensi rendah (*Multiple Low Frequency*) untuk mendapatkan data lebih dalam, dan diperlukan data sumur uji untuk meningkatkan keyakinan hasil interpretasi georadar.
- Perlu dilakukan pengukuran data GPR menggunakan metode *Common Mid Point* (CMP) untuk mengetahui variasi kecepatan masing-masing lapisan yang berhubungan dengan perlapisan batubara sehingga dapat dipastikan kedalaman yang sebenarnya dari masing-masing lapisan.
- Perlu dilakukan penelitian yang berkelanjutan yaitu dengan penambahan titik ukur/lintasan yang berasosiasi dengan penambahan target kedalaman sehingga dapat diperoleh gambaran bawah permukaan yang lebih luas. Hal ini juga diperlukan untuk memperhitungkan cadangan batubara di daerah penelitian.
- Perlu dilakukan penelitian dengan metode geofisika lainnya sehingga dapat dilakukan perbandingan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, Sukendar. 1998. *Geologi Struktur Indonesia*. Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Bahri, Ayi Syaeful., Supriyanto., dan Sentosa, Bagus Jaya. 2010. *Penentuan Karakteristik Dinding Gua Seropan Gunung kidul Dengan Metode Ground Penetrating Radar*. Prodi Geofisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Daniel, D.J. 2004. *Ground Penetrating Radar*. IEEE Radar Series, London.
- Heteren, V.S., Fitzgerald, D.M., McKinlay, P.A., and Buynevich, I.V. 1998. *Radar Facies of Paraglacial Barrier System*. Coastal New England, USA. Sedimentology.
- Iswati, Yuni. 2012. *Analisis Core Dan Defleksi Los Untuk Mengetahui Lingkungan Pengendapan Dan Menentukan Cadangan Batubara Di Banko Barat Pit 1, Sumatera Selatan*. Skripsi, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Knight, R. 2001. *Ground Penetrating Radar for Environment Application*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci, Vol. 29, pp. 229-55.
- Koesoemadinata, R.P. 1978. *Tertiary Coal Basin Of Indonesia*. United Nation ESCAP, CCOP Technical Bulletin, Bandung.
- Musset, Alan E., and Khan, M. Aftab. *Looking Into the Earth*. Cambridge University Press, New York. pp. 227-230.
- Sandmeier, K.J. 1998. *Manual Reflexw v.4.5 Program For The Processing Of Seismic, Acoustic Or Electromagnetic Reflection, Refraction and Transmission data*. Karlsruhe, Germany.
- Supriyanto. 2007. *Perambatan Gelombang Elektromagnetik Edisi I*. Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok.