

PERUBAHAN KARAKTERISTIK ELEKTROMAGNETIK MENGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR HUBUNGANNYA DENGAN KARAKTERISTIK SEDIMEN BAWAH PERMUKAAN

Andi Agus Nur

Lab. Geofisika, Jurusan Geologi, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran

ABSTRACT

Ground Penetrating Radar one of a Geophysics methods with principally to elektromagnetics wave reflection which is caused by changes of elektromagnetics characteristics (contrast of material dielectric) in subsurface. The product data is a 2D profil that interpreted later from configuration reflection pattern on data to determine type of the sediment.

Key Words: *type of the sediment, electromagnetic wave, GPR*

ABSTRAK

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan metode geofisika dengan prinsip pemantulan gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh perubahan karakteristik elektromagnetik (kontras dielektrik material) di bawah permukaan. Data yang diperoleh berupa profil 2-D yang kemudian diinterpretasikan dari pola-pola konfigurasi refleksi pada profil tersebut untuk menentukan tipe sedimennya.

Kata Kunci: *tipe sedimen, gelombang elektromagnetik, GPR.*

PENDAHULUAN

Metode GPR telah banyak digunakan dan dirasakan sangat efektif pengoperasiannya yaitu praktis, tidak merusak (*non-destruktif*), dan ekonomis sehingga sangat memudahkan dalam melakukan penelitian kondisi geologi bawah permukaan.

Penelitian ini menganalisis kondisi sedimen bawah permukaan dangkal di daerah Teluk Ciletuh, Kabupaten Sukabumi, Propinsi Jawa Barat, dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR). Lingkup permasalahan penelitian dibatasi pada aspek-aspek sebagai berikut :

1. Tipe sedimen apa saja yang terdapat di bawah permukaan yang menyusun daerah penelitian.
2. Bagaimana satuan stratigrafi yang menyusun daerah penelitian.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi sedimen bawah permukaan di daerah pantai Teluk Ciletuh, Kabupaten Sukabumi, Propinsi Jawa Barat dengan mengin-

terpretasikan data yang diperoleh dari *Survey Ground Penetrating Radar*.

Secara garis besar tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan tipe sedimen bawah permukaan yang menyusun daerah penelitian.
2. Menentukan satuan stratigrafi yang menyusun daerah penelitian.

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan gambaran mengenai kondisi geologi bawah permukaan untuk kemudian dapat dipergunakan dalam perencanaan dan dapat memberikan informasi mengenai potensi bahan galian yang dapat dimanfaatkan untuk pembangunan infrastruktur.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR) terletak di daerah pantai Teluk Ciletuh, Kabupaten Sukabumi, Propinsi Jawa Barat.

Sejak beberapa tahun terakhir, GPR telah menjadi suatu teknik geofisika yang lebih populer untuk mempelajari sedimen bawah permukaan karena dengan cepat dapat mengambil gambar arsitektur sedimen dengan resolusi tinggi. GPR mengukur perubahan karakteristik elektromagnetik (kontras dielektrik material) di bawah permukaan yang menyebabkan pemantulan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan. Radar transmitter mengirimkan sinyal radio dari antenna ke ruang sekitarnya. Receiver menerima pemantulan dari sinyal radio, dan kekuatan serta arah pemantulan sinyal menginformasikan ukuran dan jarak objek yang memantulkan sinyal radio tersebut.

Ground Penetrating Radar memiliki cara kerja yang sama dengan radar konvensional, GPR mengirim gelombang energi antara 10 sampai 1000 MHz ke dalam tanah dari suatu antenna, dan kemudian merekam pemantulannya dalam waktu yang sangat singkat (Benson, 1995).

Material dengan konduktivitas rendah seperti *unsaturated* sedimen dan sedimen berbutir kasar, menyebabkan atenuasi yang kecil, kecepatan dan panjang gelombangnya akan lebih besar pada material dengan konduktivitas rendah, namun diikuti dengan pengurangan resolusi (Davis & Annan, 1989).

Refleksi GPR dihasilkan ketika suatu pulsa mengenai suatu objek atau lapisan dengan karakteristik elektromagnetik berbeda, misalnya berupa tangki bawah tanah, lapisan sedimen, atau muka air tanah. Pada dasarnya, pemantulan terjadi ketika ada suatu peningkatan konstanta dielektrik material di bawah permukaan.

Pengambilan gambar bawah permukaan yaitu dengan transmitter GPR yang bergerak secara terus-menerus merekam profil refleksi di sepanjang permukaan (Gambar 4).

Teknologi GPR

Benson (1995) dalam deskripsinya tentang proses akuisisi data, meny-

takan bahwa unit GPR mampu memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 10 sampai 1000 MHz, tetapi kini terdapat pula unit dengan frekuensi hingga 1.5 GHz. Unit GPR dengan frekuensi tinggi ini dapat digunakan untuk profiling bituminous dan jalan beton, serta untuk memeriksa jembatan beton dan struktur lain. Unit GPR dengan frekuensi rendah dapat digunakan untuk mendeteksi gejala umum di bawah permukaan, seperti lokasi muka air tanah, kedalaman bedrock, dan struktur sedimen bawah permukaan.

Peralatan yang Digunakan

Adapun pada penelitian ini alat yang digunakan adalah GSSI SIR-20 dengan antenna monostatik milik Pusat Penelitian & Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL). Dan untuk *data processing* digunakan *software* GSSI RADAN versi 5.0. Detail peralatan survey dapat dilihat pada Gambar 3.

Memperoleh Data GPR

Terdapat beberapa metode berbeda untuk memperoleh data GPR. Salah satunya yang paling umum digunakan adalah menyeret suatu unit GPR sepanjang lintasan atau menyeret suatu unit GPR di belakang suatu kendaraan, seperti pada Gambar 4.

Ketika unit GPR bergerak di sepanjang garis survey, gelombang energi dipancarkan dari antenna transmisi dan pantulannya diterima oleh antenna *receiver* (antenna transmisi dan antenna *receiver* bisa sama). Antenna *receiver* mengirimkan sinyal ke *recorder*. Data direkam pada suatu *visual readout*, *paper chart*, komputer, atau kombinasi ketiganya.

Dalam memperoleh data GPR, ada dua komponen paling utama untuk dipertimbangkan adalah jenis transmisi dan antenna receiver yang menggunakan cakupan frekuensi yang tersedia untuk gelombang elektromagnetik pada unit GPR.

Konstanta dielektrik relatif (juga disebut permitivitas dielektrik relatif)

dapat ditentukan dari pengujian (lihat Tabel 2)

Resolusi suatu GPR kurang lebih sama dengan $\frac{1}{3}$ sampai $\frac{1}{2}$ panjang gelombang sinyal GPR. Jika seorang ahli teknik sedang mencari suatu target kecil, ia perlu menggunakan persamaan di atas untuk menentukan frekuensi GPR yang diperlukan. Jika mencari suatu target lebih besar, seperti lokasi permukaan air tanah, ia akan menggunakan unit GPR dengan frekuensi yang lebih rendah untuk menentukan lokasi dan kedalaman target. Setelah menentukan jenis sistem GPR untuk digunakan, selanjutnya adalah memperoleh data survey.

Prosesing Data GPR

Setelah memperoleh data GPR untuk tujuan tertentu, data diproses. Satu cara yang berguna dalam menampilkan data GPR adalah menampilkan lintasan survey trace 1D, mengkonversi refleksi two-way travel time ke kedalaman dari permukaan. Hiperbola pada gambar terbentuk dari refleksi yang menyebar ketika unit GPR mendekati dan bergerak menjauh dari permukaan refleksi.

Walaupun beberapa data GPR dapat ditinggalkan tanpa diproses, prosesing data bisa menjadi kunci penting untuk memvisualisasikan apa yang ada di bawah permukaan. Karena data yang diperoleh dari survey GPR mirip dengan data yang diperoleh dari survey seismik refleksi, beberapa teknik yang sama yang digunakan untuk prosesing data seismik juga digunakan untuk prosesing data GPR.

Pada banyak kasus, survey GPR dengan prosesing yang sangat minim mungkin saja dapat dipakai hasilnya. Dalam kasus ini, satu-satunya penyesuaian yang perlu untuk dibuat adalah konversi data ke suatu penggunaan format digital, melakukan penyesuaian penguatan data, dan menentukan kedalaman setiap reflektor (seperti muka air tanah) di bawah permukaan (ini melibatkan konversi waktu ke kedalaman). Setelah pro-

sesing data GPR, data siap untuk divisualisasi.

Catatan Mengenai Kedalaman Penetrasi GPR

Bagaimanapun data diproses dan divisualisasi, sebuah unit GPR memiliki batas penetrasi kedalaman. Ketika pulsa elektromagnetik dihamburkan seiring kedalaman tertentu, secara cepat memudar dan menghilang. Menurut Benson (1995), kedalaman penetrasi sinyal GPR bergantung pada: 1) frekuensi sumber sinyal GPR, 2) Efisiensi radiasi antena GPR, 3) Sifat elektrik material bawah permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data yang dilakukan menghasilkan 6 buah *Line GPR*. Rekam data tersebut kemudian diberi tanda yang dapat menunjukkan jenis pola-pola konfigurasi refleksi yang terekam. Pola-pola tersebut akan menunjukkan jenis material apa yang ada di bawah permukaan tanah.

Pada keenam data tersebut terdapat tiga macam pola konfigurasi refleksi. Tiap-tiap pola mempunyai interpretasi sendiri.

Pola konfigurasi pada kotak **a** menunjukkan pola refleksi paralel kontinu. Pola kontinu dengan amplitudo yang tinggi dan refleksi paralel, memiliki ketebalan yang konstan diinterpretasikan sebagai material sedimen berukuran butir halus, dapat berupa pasir dengan struktur *laminated* sampai *thick bedded* atau silt dengan *thick bedded*.

Pola konfigurasi pada kotak **b** memperlihatkan pola konfigurasi refleksi paralel kontinu amplitudo sedang dan paralel kontinu dengan amplitudo rendah. Pola paralel kontinu amplitudo tinggi diinterpretasikan sebagai sedimen berukuran pasir, dan paralel diskontinu amplitudo rendah diinterpretasikan sebagai material berukuran pasir dengan kandungan lempung.

Pola konfigurasi pada kotak c memperlihatkan pola konfigurasi refleksi paralel kontinu amplitudo sedang dan paralel diskontinu amplitudo rendah. Pola paralel kontinu amplitudo sedang diinterpretasikan sebagai sedimen berukuran pasir, dan paralel diskontinu amplitudo rendah diinterpretasikan sebagai lensa-lensa pasir dengan kandungan lempung.

KESIMPULAN

Unit 1 : Unit 1 merupakan unit radar paling atas, berketebalan mencapai 9-10 meter. Bagian atas unit ini merupakan bidang erosional yang menjadi batas dengan tanah (soil). Unit radar ini terdiri dari fasies radar paralel kontinu dengan amplitudo tinggi, yang diinterpretasikan sebagai sedimen halus berukuran pasir, dengan lapisan-lapisan yang tebal dan spasi lapisan yang rapat.

Unit 2 :Unit 2 merupakan unit yang terletak di bawah unit 1 pada radar-gram. Ketebalan unit ini tidak dapat dipastikan, karena batas bawahnya tidak terekam pada data GPR. Batas bagian atas unit 2 merupakan bidang erosional, yang merupakan bidang batas dengan unit 1. Unit radar ini terdiri atas fasies radar paralel kontinu amplitudo sedang yang diinterpretasikan sebagai sedimen berukuran pasir berselingan dengan paralel kontinu-diskontinu amplitudo rendah yang diinterpretasikan sebagai lensa-lensa pasir dengan kandungan lempung.

Tiap unit secara internal terdiri dari satu atau lebih fasies radar yang telah diuraikan di atas.

DAFTAR PUSTAKA

Benson, A. K. 1995. Applications of Ground Penetrating Radar in Assessing Some Geological Hazards: Examples of Ground-water Contamination, Faults, Cavities. J. of Applied Geophysics, 33(1-3), 177-193.

- Beres Jr. M. & Haeni F.P. 1991. *Application of Ground Penetration Radar Methods in Hydrogeological Studies*. Ground Water, 29:375-386.
- Beres P.L. 1991. *Response of Ground-Penetrating Radar to Bounding Surface and Lithofacies Variation in Sand Barrier Sequence*. Expiar. Geophys., 22:19-22.
- Bristow C.S. 1995b. *Facies Analysis in Lower Greensand Using Ground-Penetrating Radar*. Journal of the Geological Society of London, 152:591-598.
- Davis, J.L. and Annan, A.P. 1989. *Ground-Penetration Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy*. Geophys. Prospect., 37:531-551.
- Jeffrey J. Daniels. 2000. *Ground Penetrating Radar Fundamentals*. Department of Geological Sciences, The Ohio University.
- Jol H.M. & Smith D.G. 1991. *Ground Penetrating Radar of Northern Lacustrine Deltas*. Canadian Journal of Earth Sciences, 28:1939-1947.
- Markus W. Naegeli, Peter Huggenberger, and Urs Uehlinger. 1996. *Ground Penetrating Radar for Assesing Sediment Structures in The Hyporheic Zone of a Prealpine River*. J.N. Am. Benthol. Soc., 15(3):353-366.
- Moorman, B.J., Judge, A. S. & Smith, D. G. 1991. *Examining Fluvial Sediments Using Ground Penetrating Radar in British Columbia*. Geol. Surv. Can., 91:31-36.
- R.AB. Sukamto (1975), *Geologi Regional Liembar Jampang, Jawa*, Pusat Penelitian & Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sukmono, Sigit, 1999, *Seismik Stratigrafi*, Jurusan Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tucker, M. E. 1982. *The Field Description of Sedimentary Rock*. John Wiley & Sons, New York, Toronto, 112 h.

- Van Dam R.L. & Schlager W. 2000. *Identifying Causes of Ground Penetrating Radar Reflection Using Time-Domain Reflectometry and Sedimentological Analysis*. *Sedimentology*. 47:435-449.
- Van Overmeeren, R.A. 1998. *Radar Facies of Unconsolidated Sediments in The Netherlands: A Radar Stratigraphy Interpretation Method for Hydrogeology*. *J. Appl. Geophys.*, 40:1-18.
- William R. Peretti, Michael D. Knoll, William P. Clement, and Warren Barrash. 1999. *3-D GPR Imaging of Complex Fluvial Stratigraphy at The Boise Hydrogeophysical Research Site*. *Environmental and Engineering Geophysical Society*, Wheat Ridge, CO., 555-564.

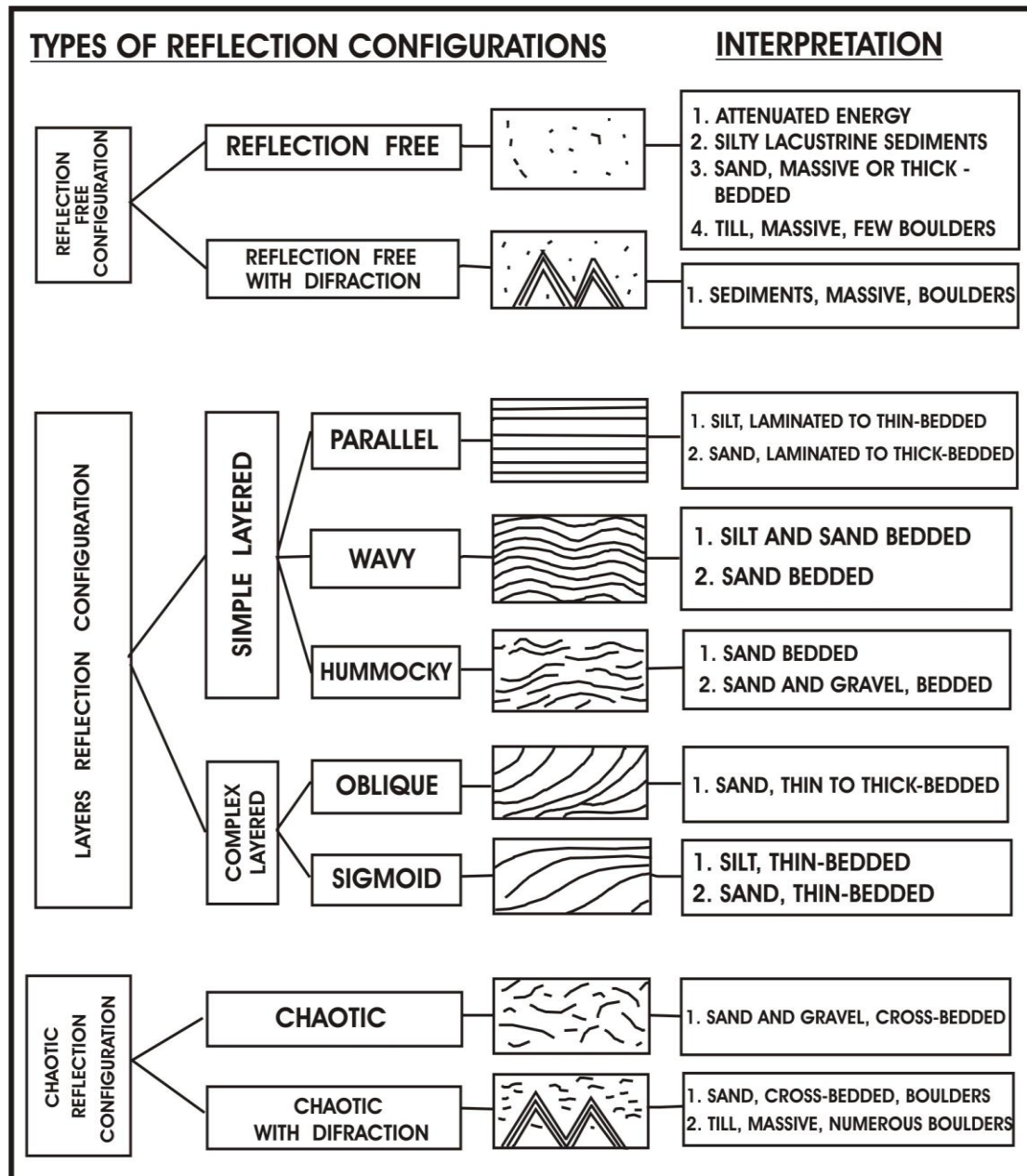
Tabel 1. Tipe-tipe media dalam melakukan survey GPR.

Good radar media	Poor radar media
Dry salt Snow Ice and fresh water Peat Wet or dry sand Dry rocks	Salt water Metals Clay Clay-rich soils Conductive minerals

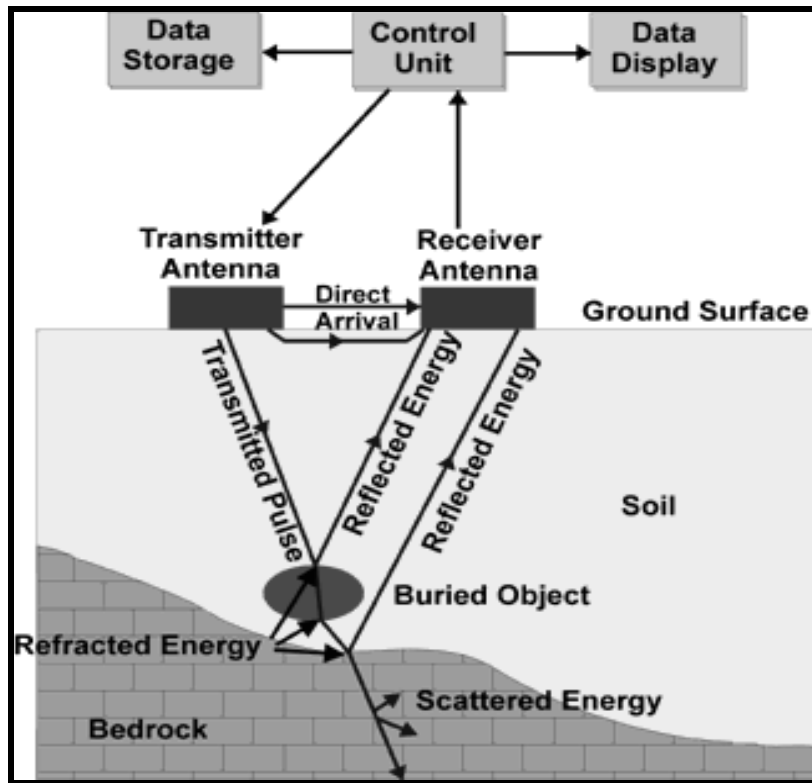
Tabel 2. Permittivitas dielektrik relatif material (dari Beres and Haeni, 1991).

Material	Conductivity (mhos per meter)	Relative Dielectric Permittivity
Air	0	1
Pure water	$0,1 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-2}$	81
Sea water	4	81
Fresh-water	10^{-3}	4
ice		
Sands (dry)	$0,1 \times 10^{-3} - 10^{-3}$	4-6
Sands (saturated)	$0,1 \times 10^{-3} - 10^{-2}$	30
Silt (saturated)	$10^{-3} - 10^{-2}$	10
Clay (saturated)	$10^{-3} - 1$	8-12
Sandstone (wet)	4×10^{-2}	6
Shale (wet)	10^{-1}	7
Limestone (dry)	10^{-3}	7
Limestone (wet)	$2,5 \times 10^{-2}$	8
Basalt (wet)	10^{-3}	8
Granite (dry)	$0,1 \times 10^{-3}$	5
Granite (wet)	10^{-3}	7

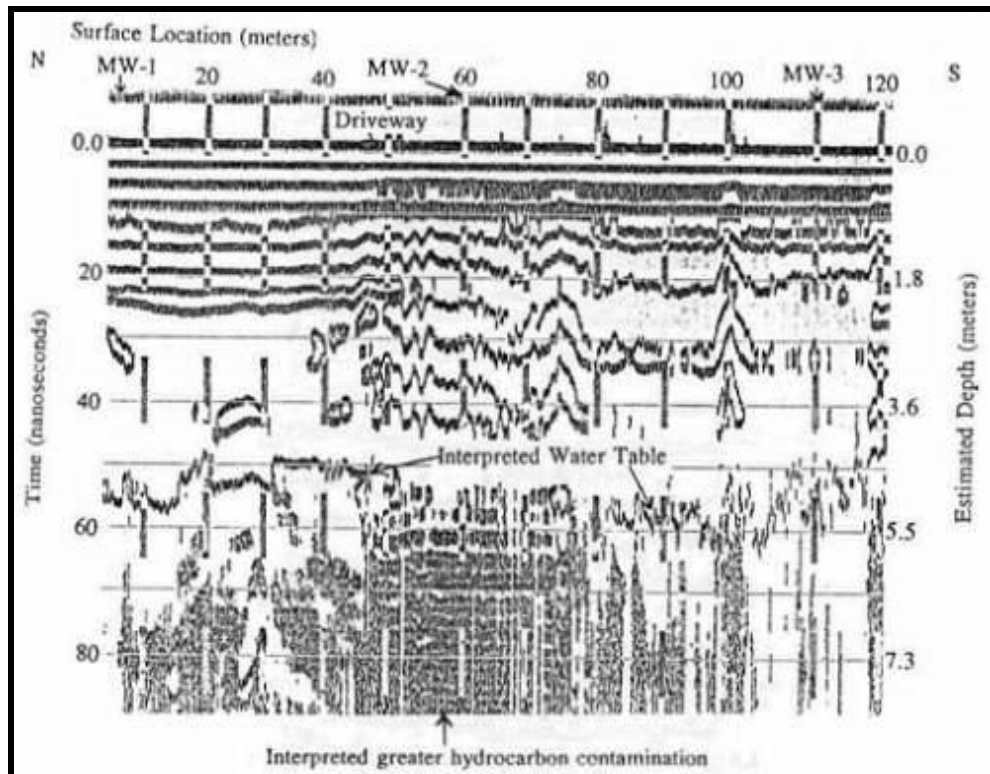
Tabel 3. Tabel untuk menentukan tipe sedimen bawah permukaan
(Beres and Haeni, 1991)



Perubahan karakteristik elektromagnetik menggunakan metode Ground Penetrating Radar hubungannya dengan karakteristik sedimen bawah permukaan (Andi Agus Nur)



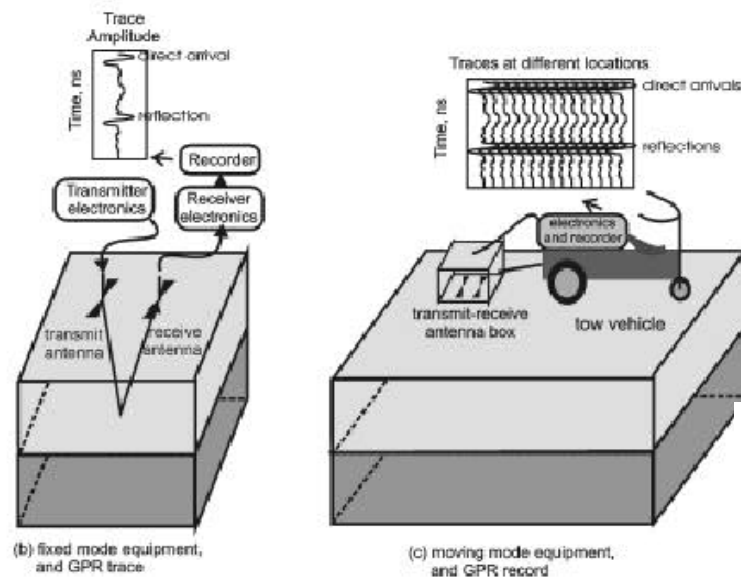
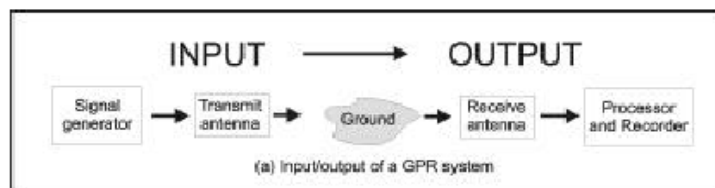
Gambar 1. Skema GPR (dari Rittenhouse J., Environmental Protection Agency)



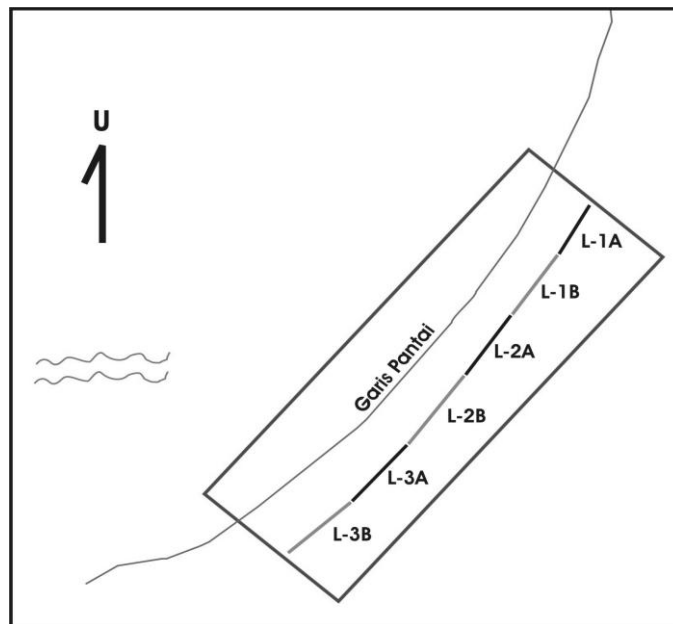
Gambar 2. Profil GPR 2D, dari Benson (1995)



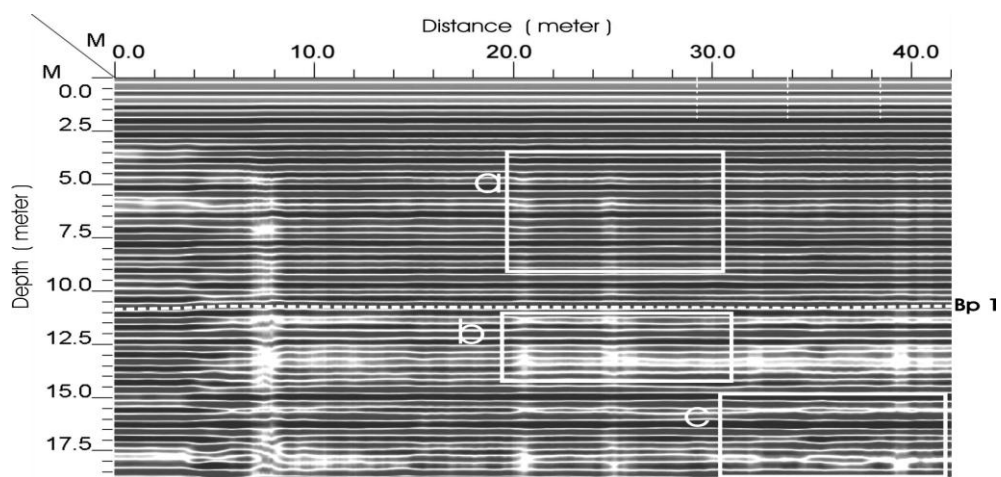
Gambar 3. Peralatan Survey GPR



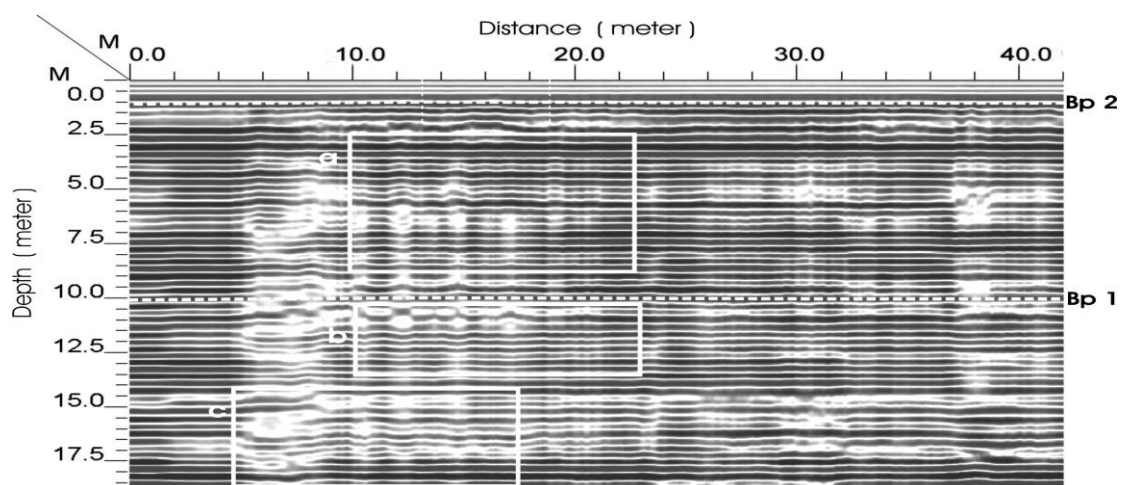
Gambar 4. a) Skema sistem GPR, input dan output
 b) Jejak GPR, mode peralatan yang diletakkan diam
 c) Mode Peralatan yang bergerak, dan rekaman GPR



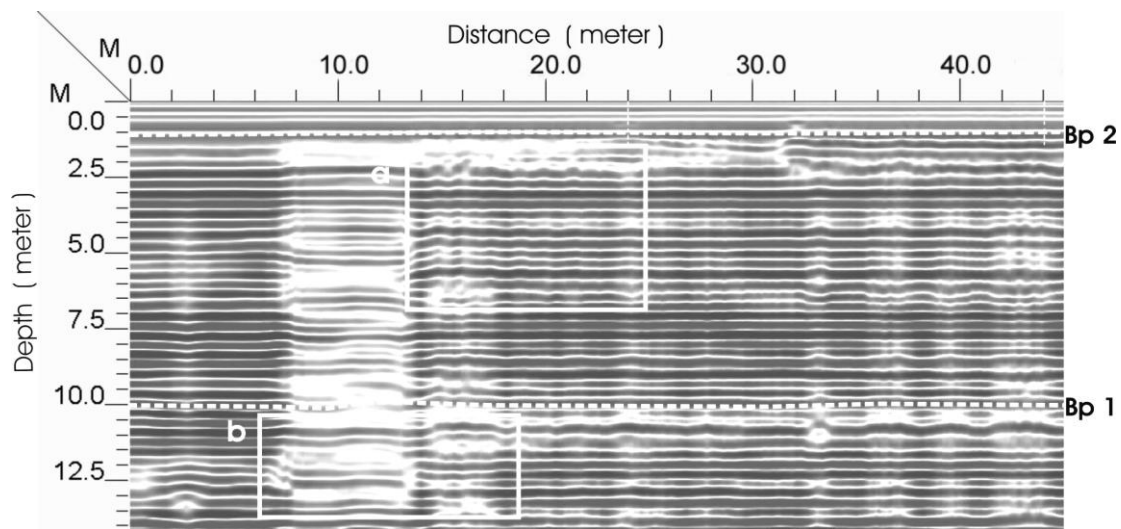
Gambar 5. Lintasan Line GPR pada Survey



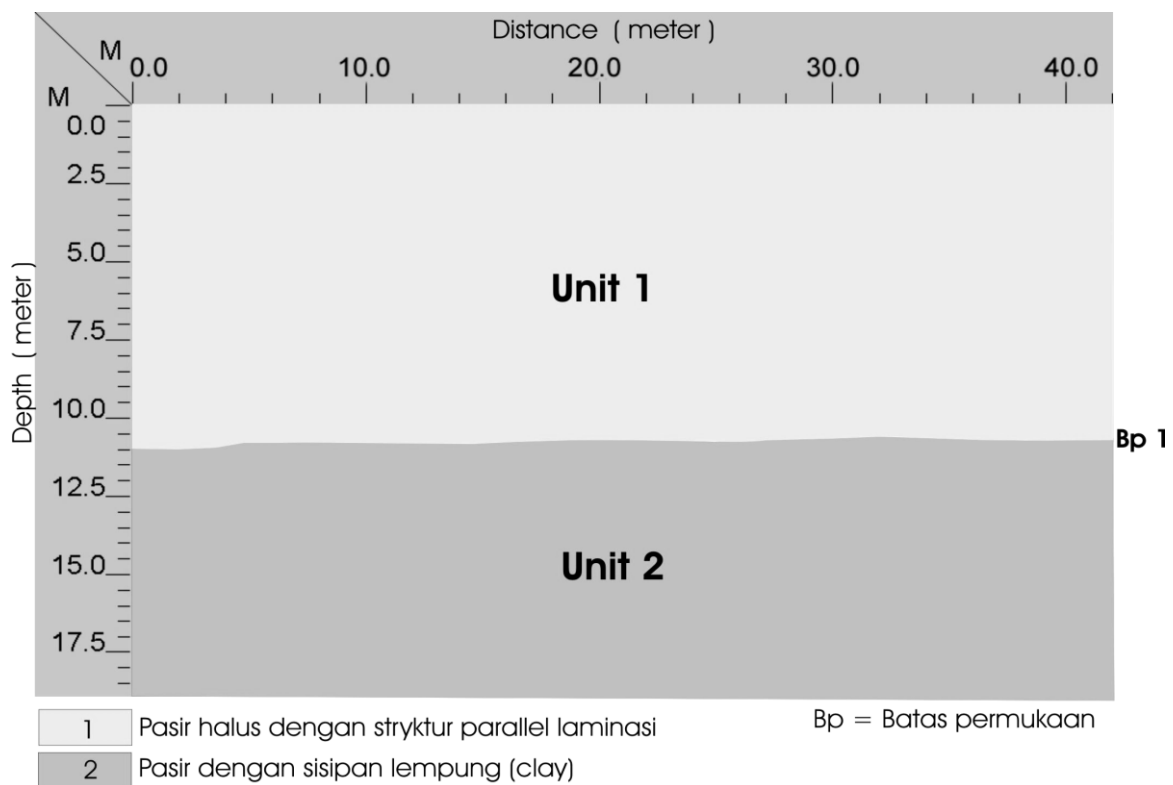
Gambar 6. Line 1A GPR setelah koreksi penguatan dan migrasi.



Gambar 7. Line 2A GPR setelah koreksi penguatan dan migrasi



Gambar 8. Line 3A GPR setelah koreksi penguatan dan migrasi



Gambar 9
Profil stratigrafi dari keenam Line GPR setelah koreksi penguatan dan migrasi