



Aplikasi Georadar Frekuensi 100 MHz Pada Medium Yang Berbeda

PT. Abhinaya Mappindo Bumitala

www.abhinaya-mb.com

cs@abhinaya-mb.com

INTISARI

Telah dilakukan deteksi/pengukuran bawah permukaan dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR/Georadar) frekuensi 100 MHz yang bertujuan untuk mengetahui hasil penjarangan gelombang elektromagnetik berupa resolusi hasil radargram dan kedalaman penetrasi maksimal pada suatu medium berdasarkan hasil radargram. Hasil deteksi/pengukuran merupakan data mentah (*rawdata*) yang menginterpretasikan keadaan lapisan/layer bawah permukaan dari lintasan yang dilalui oleh georadar. Medium tanah (kering) menunjukkan hasil radargram yang baik (jelas) secara vertikal sampai dengan kedalaman 36 meter, pada medium beton/aspal menunjukkan hasil radargram yang sedang secara vertikal sampai dengan kedalaman 20 meter, dan tanah (basah) menunjukkan hasil radargram yang sedang secara vertikal sampai dengan kedalaman 16 meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya perbedaan sifat fisis (konstanta dielektrik, konduktivitas, permeabilitas) dari suatu jenis medium merupakan faktor yang dapat mempengaruhi penjarangan gelombang sehingga berdampak pada resolusi, kedalaman maksimal yang diperoleh.

Kata kunci: georadar 100 MHz, kedalaman maksimal, dan resolusi

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, penggunaan metode georadar sebagai salah satu metode deteksi tanpa merusak (*Non Destructive Test/NDT*) telah banyak digunakan. Hal tersebut menjadi perhatian karena pada saat proses Pra – konstruksi maupun Pasca – konstruksi metode georadar penting untuk dilakukan. Adapun pengaplikasian/penggunaan metode georadar dapat digunakan pada berbagai bidang seperti arkeologi, ilmu forensik, rekayasa konstruksi, masalah lingkungan dan lainnya. Alasan penggunaan metode georadar antara lain praktis, ekonomis, dan dapat dilakukan di tempat (*in site*) serta *real time*. Namun, dalam penggunaan metode ini masih terdapat kekurangan, yakni pada hasil resolusi radargram dan kedalaman maksimal yang dapat dicapai oleh georadar. Adapun faktor yang menyebabkan masalah tersebut antara lain pada penggunaan/pemilihan frekuensi dan kondisi dari suatu medium (kandungan air, konduktivitas dan jenis medium). Sehingga dalam kesempatan ini, penulis bermaksud memberikan analisa dalam hal resolusi radargram serta kedalaman maksimal yang diperoleh dari deteksi/pengukuran berdasarkan data yang telah dilakukan menggunakan metode georadar dengan frekuensi 100 MHz pada 3 (tiga) medium yang berbeda antara lain tanah kering, beton/aspal, dan tanah basah.

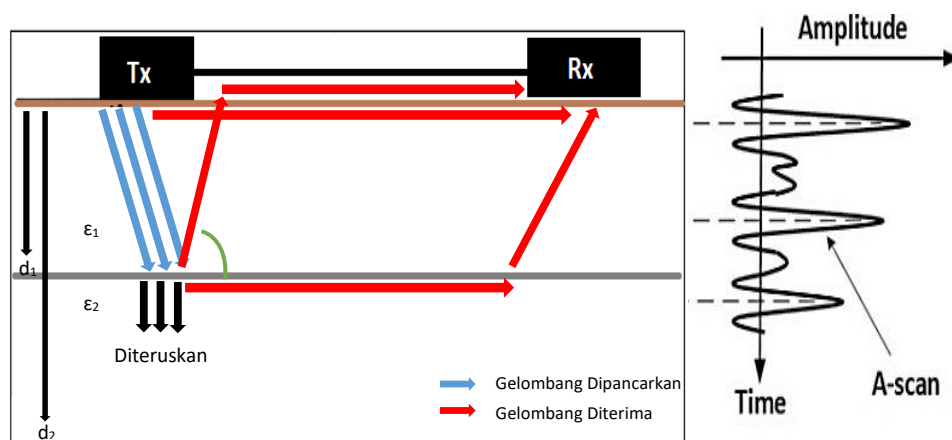
II. LANDASAN TEORI

1. Gelombang Elektromagnetik

Fenomena yang terjadi karena adanya gangguan lokal pada suatu besaran fisis dan adanya perambatan gangguan dalam medium sekitarnya disebut sebagai gelombang. Gangguan tersebut dapat berupa osilasi kedudukan partikel, osilasi tekanan atau kerapatan massa dalam medium bersangkutan, dan osilasi medan listrik atau magnet yang berasal dari osilasi arus atau osilasi rapat muatan listrik. Sementara itu, osilasi merupakan suatu gerakan/getaran yang terjadi secara periodik terhadap waktu dari suatu hasil percobaan. Adapun perambatan suatu gelombang elektromagnetik dapat berlangsung dalam suatu medium/material.

Gelombang elektromagnetik/radar yang merambat pada suatu medium/material, akan mengalami pengurangan, pelemahan amplitudo yang disebabkan oleh besar dan/atau kecilnya nilai permitivitas, konduktivitas dari suatu medium tersebut. Pada gelombang elektromagnetik, pemantulan (*reflected*) bergantung pada nilai kontras konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) dari suatu lapisan/layer dari medium yang berdekatan. Sehingga, jika nilai konstanta dielektrik tinggi, maka jumlah energi gelombang yang akan dipantulkan juga besar.

Penetrasi maksimum yang dapat dicapai oleh suatu energi gelombang elektromagnetik tergantung dari nilai frekuensi yang digunakan serta kondisi dari suatu medium (nilai permitivitas, konduktivitas, permeabilitas, dll). Apabila besar/nilai frekuensi elektromagnetik yang digunakan tinggi, maka hasil resolusi yang didapatkan lebih baik namun penetrasi yang dihasilkan dangkal. Penetrasi rendah/dangkal disebabkan oleh kurangnya daya tembus dari frekuensi tinggi. Namun, hal ini berkebalikan untuk penggunaan frekuensi rendah. Frekuensi rendah memiliki daya tembus yang panjang namun resolusi yang dihasilkan kurang baik.



Gambar 1. Ilustrasi propagasi gelombang elektromagnetik pada medium (ϵ_1 dan ϵ_2) (Huisman, J.A *et al.*, 2003)

2. Parameter Fisis

Penggunaan georadar sebagai salah satu alat deteksi bawah permukaan tanah yang menggunakan prinsip gelombang elektromagnetik dipengaruhi oleh beberapa parameter fisis, diantaranya adalah permitivitas (konstanta dielektrik), permeabilitas magnetik dan konduktivitas.

Permitivitas atau konstanta dielektrik merupakan kemampuan dari suatu medium untuk menyimpan muatan ketika diberikan medan listrik, relatif dalam ruang hampa. Adanya sifat permitivitas (konstanta dielektrik) pada suatu medium tentunya berpengaruh pada penjalaran gelombang elektromagnetik yang dapat mempengaruhi hasil resolusi secara vertikal, sementara

itu permeabilitas magnetik merupakan kemampuan yang dimiliki oleh suatu zat / membran untuk meloloskan sejumlah partikel magnet. Adanya sifat permeabilitas pada suatu medium tentunya berpengaruh pada penjaralan gelombang elektromagnetik yang dapat mempengaruhi hasil resolusi secara lateral yang dicapai oleh georadar.

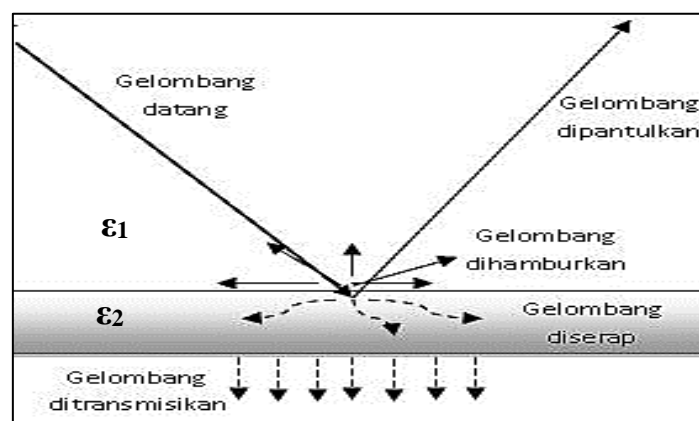
Konduktivitas merupakan kemampuan suatu material untuk menghantarkan arus listrik. Ketika gelombang yang ditransmisikan oleh georadar dari *antenna transmitter* (Tx) dan kemudian terpancarkan mengenai suatu medium di bawah permukaan yang memiliki nilai kontras konduktivitas tinggi (contohnya: material logam), maka amplitudo gelombang elektromagnetik yang terekam oleh *antenna receiver* (Rx) akan sangat kecil, dan berlaku untuk sebaliknya apabila gelombang elektromagnetik mengenai medium dengan nilai konduktivitas yang rendah.

3. Absorpsi dan Attenuasi

Hilang atau melemahnya energi gelombang elektromagnetik merupakan akibat dari adanya proses absorpsi dan attenuasi. Proses tersebut terjadi ketika sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan mengalami refleksi dan transmisi pada bidang batas antar lapisan. Refleksi dan transmisi pada sekitar batas antar lapisan suatu medium yang memiliki nilai permitivitas relative berbeda (ϵ_1) dan (ϵ_2), mengakibatkan gelombang elektromagnetik mengalami pelemahan/kehilangan energi.

Absorpsi merupakan penyerapan energi yang diakibatkan oleh penjaralan gelombang yang melewati bidang batas medium yang berbeda (penurunan intensitas), sedangkan attenuasi merupakan gejala pelemahan sinyal akibat bertambahnya jarak penetrasi suatu gelombang elektromagnetik. Selain adanya efek absorpsi dan attenuasi, energi dapat hilang oleh karena dissipasi yakni perubahan energi elektromagnetik menjadi energi panas (Hurriyah, 2013).

Hal yang mendasari hilangnya energi gelombang elektromagnetik merupakan fungsi kompleks dari sifat listrik dan dielektrik medium/material yang dilalui oleh gelombang elektromagnetik itu sendiri. Adapun faktor yang mempengaruhi kehilangan energi yakni nilai kontras konduktivitas (σ), permeabilitas magnet, nilai permitivitas relatif, frekuensi yang digunakan, serta jenis dan karakteristik medium yang dilalui oleh sinyal elektromagnetik/radar.

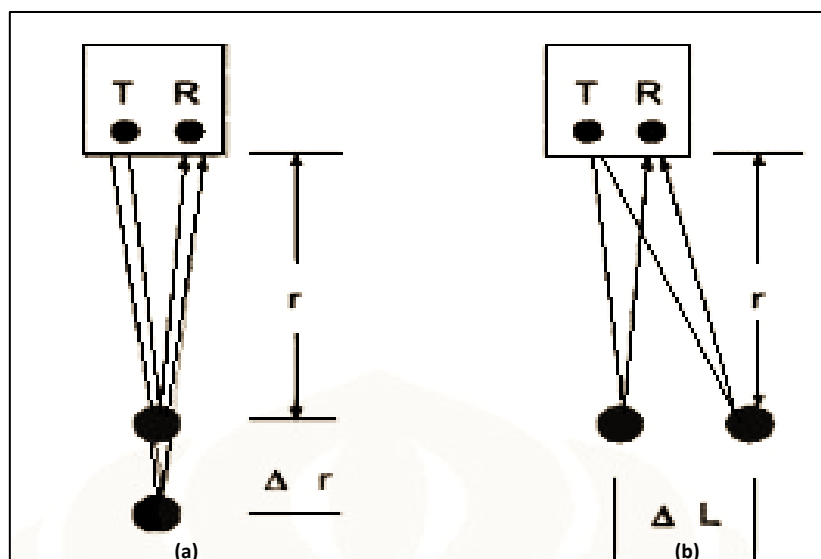


Gambar 2. Ilustrasi Absorpsi dan Attenuasi
(Davis, *et al.*, 1978)

4. Resolusi dan Kedalaman

Kedalaman yang diperoleh menggunakan metode georadar merupakan hasil pantulan penjalaran gelombang elektromagnetik sampai dengan bidang batas suatu medium dalam waktu tertentu. Pencapaian kedalaman maksimal pada deteksi menggunakan georadar, selain ditentukan oleh besar kecilnya frekuensi *antenna* yang digunakan, juga dipengaruhi oleh konstanta dielektrik, konduktivitas suatu medium, dan *Pulse Repetition Frequency (PRF)*. Nilai konstanta dielektrik yang semakin besar maka akan berpengaruh pada kecepatan gelombang elektromagnetik yang dirambatkan. Nilai konduktivitas suatu medium yang tinggi akan menyebabkan penetrasi lebih dangkal, sementara itu *Pulse Repetition Frequency (PRF)* merupakan nilai yang menyatakan seberapa seringnya pulsa radar dipancarkan untuk mencapai kedalaman maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai PRF, maka dapat mencapai kedalaman yang maksimal, karena waktu tunggu semakin lama (Prasanthi & Umesh, 2013).

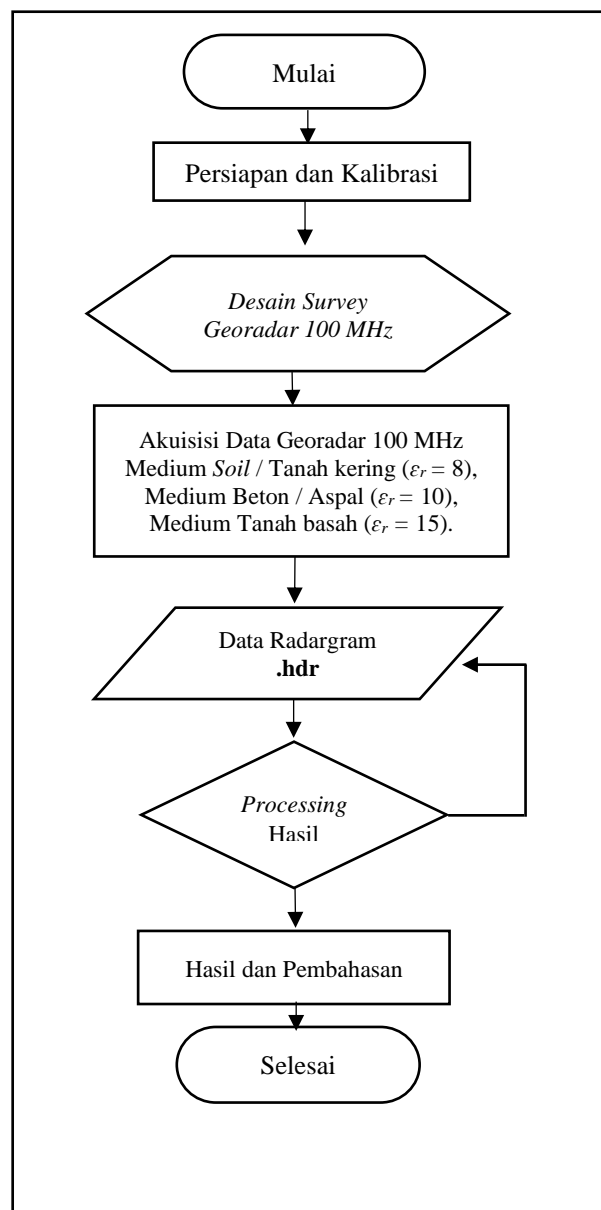
Resolusi menunjukkan kemampuan untuk memisahkan dua objek yang berbeda pada jarak yang berdekatan. Hal ini berhubungan erat dengan target berupa bentuk, ukuran ketebalan, dan lain – lain. Pemisahan dua objek yang saling berdekatan hanya bisa dilakukan jika menggunakan gelombang rendah, dan ini berarti gelombang frekuensi tinggi. Terdapat dua komponen resolusi yang bekerja pada georadar, yaitu resolusi vertikal dan resolusi lateral. Resolusi vertikal adalah suatu kemampuan untuk membedakan dua objek pada waktu yang berdekatan. Sedangkan resolusi lateral adalah suatu kemampuan untuk membedakan dua objek berdekatan secara horizontal (Annan, 2001).



Gambar 3. Ilustrasi Penjalaran Gelombang;
(a) resolusi vertikal dan (b) resolusi lateral (Annan, 2001).

III. METODOLOGI

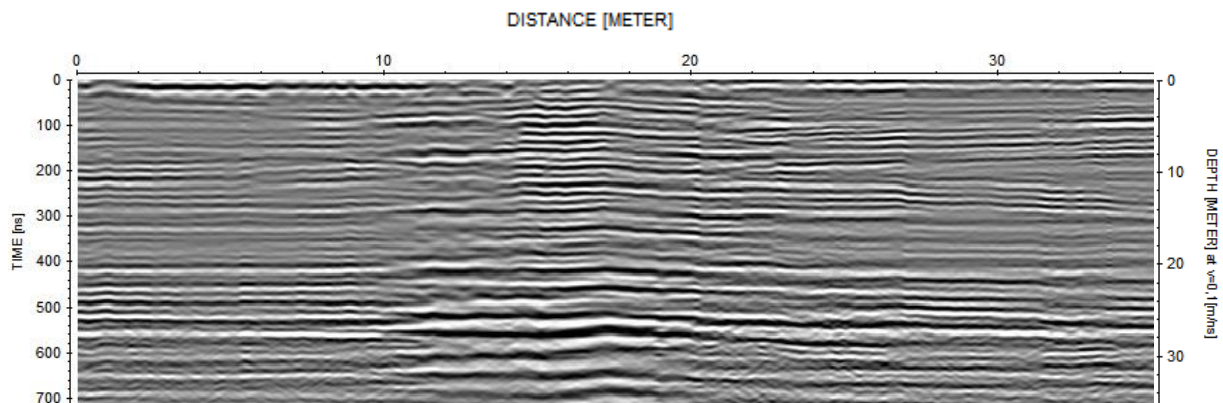
Pengukuran menggunakan georadar frekuensi 100 MHz dilakukan pada 3 (tiga) medium yang berbeda. Adapun tahapan yang dilakukan pada pengukuran ini antara lain adalah persiapan alat dan kalibrasi georadar frekuensi 100 MHz, menentukan area atau lintasan deteksi, kemudian melakukan pengukuran data dengan memasukkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) berdasarkan medium yang akan deteksi, selanjutnya melakukan pengolahan data (*processing*) untuk memperoleh keadaan bawah permukaan tanah pada masing – masing medium. Hasil pengolahan data (*processing*) selanjutnya dianalisa serta diinterpretasi terhadap profil kedalaman maksimum dan resolusi radargram yang ditempuh oleh gelombang elektromagnetik pada masing – masing medium.



Gambar 4. Diagram Alir Pengukuran Georadar frekuensi 100 MHz

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Medium Soil atau Tanah Kering



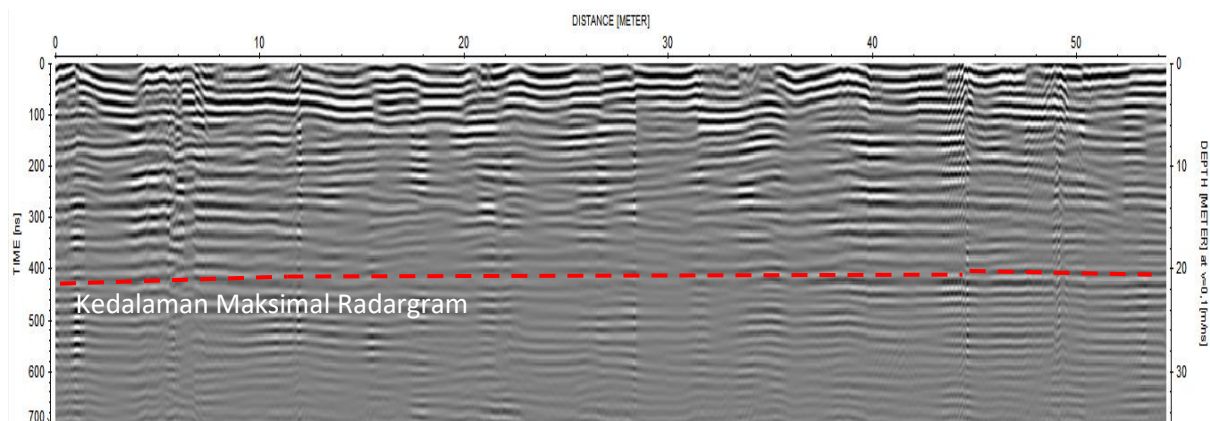
Gambar 5. Penampang Radargram Frekuensi 100 MHz Pada Medium Soil atau Tanah Kering. (Dok. [PT. Abhinaya Mappindo Bumitala](#))

Gambar 5 merupakan radargram hasil pengukuran/deteksi pada medium *soil* atau tanah kering yang merepresentasikan keadaan bawah permukaan area. Adapun analisa dari Gambar 5 dapat ditunjukkan pada Tabel 1. sebagai berikut;

Tabel 1. Tabel Hasil Radargram Pada Medium Tanah kering

Parameter	Output Radargram	Interpretasi
Refleksi	Pararel	Lapisan/layer diduga terdiri dari lanau dan/atau pasir.
Resolusi	Baik	lapisan/layer terlihat dengan jelas (vertikal dan lateral).
Penetrasi gelombang max. (m)	Dalam (<i>depth</i> = 36)	Keadaan <i>soil</i> /tanah kering memiliki sifat konduktivitas rendah, sehingga mengakibatkan gelombang elektromagnetik dapat terpancarkan dan terpantulkan dengan baik, sehingga kedalaman yang dihasilkan maksimal.

2. Medium Beton/Aspal



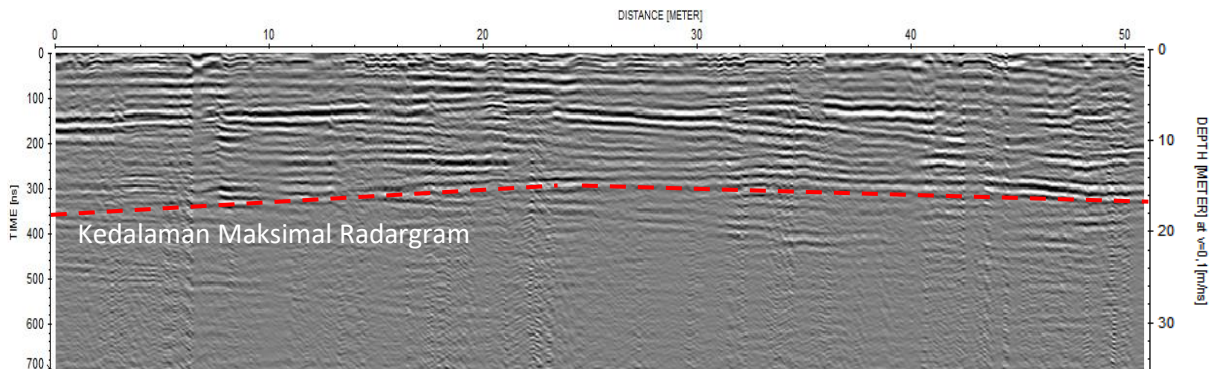
Gambar 6. Penampang Radargram Frekuensi 100 MHz Pada Medium Beton /Aspal (Dok. [PT. Abhinaya Mappindo Bumitala](#))

Gambar 6 merupakan radargram hasil pengukuran/deteksi pada medium Beton/aspal yang merepresentasikan keadaan bawah permukaan. Adapun analisa dari Gambar 6 dapat ditunjukkan pada Tabel 2. sebagai berikut;

Tabel 2. Tabel Hasil Radargram Pada Medium Beton/Aspal.

Parameter	Output Radargram	Interpretasi
Refleksi	Berombak, refleksi terlihat.	Refleksi tebal diduga merupakan lapisan beton/aspal.
Resolusi	Sedang	Gelombang elektromagnetik terpantulkan dan diterima dengan baik ($depth \leq 10$ meter).
Penetrasi gelombang max. (m)	Sedang ($depth = 20$).	Gelombang eletromagnetik tidak dapat terpancarkan dan terpantulkan dengan maksimal karena terdapat material konduktif.

3. Medium Tanah Basah



Gambar 7. Penampang Radargram Frekuensi 100 MHz Pada Medium Tanah Basah (Dok. [PT. Abhinaya Mappindo Bumitala](http://www.abhinaya-mb.com))

Gambar 7 merupakan radargram hasil pengukuran/deteksi pada medium Tanah basah yang merepresentasikan keadaan bawah permukaan. Adapun analisa dari Gambar 7 ditunjukkan pada Tabel 3. sebagai berikut;

Tabel 3. Tabel Hasil Radargram Pada Medium Beton/Aspal.

Parameter	Output Radargram	Interpretasi
Refleksi	Paralel	Lapisan/layer dapat terbaca ($depth \leq 7$ meter).
Resolusi	Sedang	Gelombang elektromagnetik terpantulkan dan diterima dengan baik ($depth \leq 10$ meter).
Penetrasi gelombang max (m)	Terbatas ($depth= 16$).	Penjalaran gelombang elektromagnetik dalam mencapai lapisan/layer (terbatas) karena dipengaruhi oleh medium yang memiliki permeabilitas dan konduktivitas tinggi.

Hasil dan analisa berdasarkan hasil penggunaan georadar frekuensi 100 MHz pada 3 jenis medium yang berbeda adalah sebagai berikut;



Tabel 4. Tabel Hasil Radargram Pada Medium Beton/Aspal.

Parameter	Medium		
	Tanah Kering	Beton/Aspal	Tanah Basah
Resolusi Radargram	Baik (Tinggi)	Cukup (Sedang)	Cukup (Sedang)
Kedalaman Penetrasi (m)	36	20	16

Berdasarkan Tabel 4, penggunaan georadar frekuensi 100 MHz maka dapat diketahui bahwa pengaruh jenis dan karakteristik medium yang dideteksi memiliki peranan penting.

Pada jenis medium tanah kering dihasilkan resolusi radargram yang baik (tinggi) dan kedalaman penetrasi maksimal adalah 36 meter. Hal ini dimungkinkan pada jenis medium tanah kering memiliki karakteristik yang padat, rongga lapisan/layer tanah berisikan udara. Sehingga pada medium tanah kering faktor fisis (permitivitas relatif, permeabilitas, dan konduktivitas) tidak terlalu berpengaruh pada penjalaran gelombang elektromagnetik dalam medium. Sementara itu, pada jenis medium beton/aspal dan tanah basah dihasilkan resolusi radargram yang cukup (sedang) dan kedalaman penetrasi maksimal adalah 20 meter untuk jenis medium beton/aspal dan 16 meter untuk jenis medium tanah basah. Hasil radargram pada kedua jenis medium ini dikategorikan cukup (sedang). Hal ini dapat terjadi karena adanya pengaruh sifat fisis (permitivitas relatif, permeabilitas, dan konduktivitas) terhadap penjalaran gelombang elektromagnetik. Keberadaan medium konduktif pada jenis medium beton/aspal dimungkinkan oleh adanya besi susun yang menjadi penyangga/dasar dari suatu pembeconan (Gambar 7), dan untuk jenis medium tanah basah medium konduktif dimungkinkan oleh adanya air yang terjebak secara tersebar di suatu lapisan/layer medium (Gambar 8). Adanya medium konduktif dapat mempengaruhi penjalaran gelombang elektromagnetik serta besarnya nilai refleksi (garis tebal pada radargram).

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran serta hasil yang diperoleh pada deteksi menggunakan metode georadar pada 3 medium yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil resolusi radargram dan kedalaman penetrasi maksimal dari gelombang elektromagnetik oleh georadar frekuensi 100 MHz di jenis medium *Soil* atau tanah kering adalah resolusi Baik dengan kedalaman 36 meter, Beton/Aspal resolusi cukup dengan kedalaman 20 meter, dan tanah basah resolusi cukup dengan kedalaman 16 meter.
2. Adanya perbedaan hasil resolusi radargram dan kedalaman penetrasi maksimal pada deteksi/pengukuran menggunakan georadar frekuensi 100 MHz dipengaruhi oleh adanya sifat konduktivitas medium (besi, kandungan air).

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Annan, A. P. 2001. *Ground Penetrating Radar Workshop Notes*. Canada. Pp. 118 – 131.
- Davis, Shirley M., David A. Landgrebe, Terry L. Phillips, Philip H. Swain, Roger M. Hoffer, John C. Lindenlaub, and Leroy F. Silva., 1978. *Remote sensing: the quantitative approach*. New York : McGraw-Hill International Book Co.,
- Huisman, J. A., S. S. Hubbard, J. D. Redman, and A. P. Annan. 2003. *Measuring Soil Water Content with Ground Penetrating Radar: A Review*. VADOSE ZONE J., VOL. 2, NOVEMBER 2003. pp 476 – 491.



Hurriyah. 2013. *Atenuasi Gelombang (Studi Pada Gelombang Seismik)*. EKSAKTA vol. 2 Tahun XIV Juli 2013.
Prasanthi, B.G. Umesh. 2013. *Ground Penetrating Radar*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2 Issue 12.

LAMPIRAN DOKUMENTASI

Dokumentasi Deteksi Georadar

