

Identifikasi Pipa dan Kabel Bawah Permukaan Menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR)

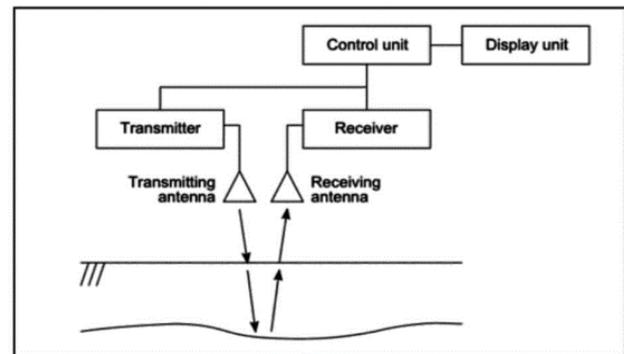
Joeliardi Tirta Hadi, Dwa Desa Warnana dan Mohammad Singgih Purwanto
Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: dwa_desa@geofisika.its.ac.id

Abstrak—Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) adalah Metode Geofisika yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik, dimana metode ini digunakan untuk berbagai ilmu seperti pada geologi, konstruksi, arkeologi dan lain sebagainya. Salah satu pemanfaatan yang sering digunakan metode ini adalah sebagai metode untuk mengidentifikasi utilitas bawah permukaan yaitu berupa pipa dan kabel bawah permukaan. Identifikasi utilitas bawah permukaan ini sangatlah penting sebagai proses pencegahan kerusakan fasilitas tersebut karena adanya pembangunan atau penggalian. Penelitian ini menggunakan 13 lintasan GPR untuk mengidentifikasi utilitas bawah permukaan berupa pipa gas, pipa air dan kabel bawah permukaan. Pada proses pengolahan digunakan *software* MatGPR R3.1 dengan proses pengolahan dari penyesuaian data dan pemakaian beberapa filter. Dibahas 3 lintasan yang mewakili untuk menampilkan kemungkinan anomali target yang dicari dengan diinterpretasi lebih lanjut. Didapatkan ketiga anomali (pipa gas, pipa air dan kabel bawah permukaan) pada kedalaman 0,5 meter hingga 1 meter dengan dibedakan berdasarkan respon dari reflektor (pipa atau kabel) membentuk anomali hiperbola, dimana anomali pipa berbahan logam akan lebih terlihat tebal karena amplitudo yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kabel bawah permukaan yang berbahan HDPE pada bagian luar.

Kata Kunci—Utilitas Bawah Permukaan, *Ground Penetrating Radar* (GPR), Pipa, Kabel Bawah Permukaan.

I. PENDAHULUAN

METODE *Ground Penetrating Radar* (GPR) adalah Metode Geofisika yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik [1]. Metode GPR ini telah tersebar luas pemanfaatannya seperti pada geologi, konstruksi dan rekayasa, arkeologi, ilmu forensik, dan lain sebagainya [2] sehingga metode ini sangat cocok salah satunya digunakan untuk mendeteksi utilitas bawah permukaan disuatu area. Disamping pemanfaatan di beberapa bidang tersebut metode GPR ini juga memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya yang mana metode ini merupakan metode yang cukup ekonomis di biaya operasional, cara pengoperasiannya yang termasuk mudah, dan didapatkan resolusi yang baik dengan dapat dilihat hasil secara langsung pada pengukuran di lapangan [3]. Namun untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, hasil dari proses pengambilan data dilakukan lebih lanjut pengolahan menggunakan *software* tertentu, pemrosesan ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh *noise* yang dihasilkan dari pengukuran [1], sehingga lebih mudah dilakukan interpretasi target yang dicari. Dimana area penelitian ini berada di area jembatan yang mana adalah infrastruktur transportasi [4] dimana di sisi kanan kiri jembatan juga menghubungkan utilitas bawah



Gambar 1. Prinsip Kerja Metode GPR. Dimana Terdiri dari Antena Transmitter (Tx) dan Antena Receiver (Rx)

permukaan yaitu target penelitian ini yang dicari adalah pipa dan kabel bawah permukaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang Elektromagnetik yang dimanfaatkan pada pengukuran Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) [1] dengan memancarkan gelombang elektromagnetik ke dalam tanah. Gelombang ini terdiri dari medan listrik dan medan magnet, dimana gelombang ini merupakan gelombang bidang dengan simetri translasi tegak lurus terhadap arah rambat, berjalan di ruang bebas sejajar dengan sumbu x, dengan medan listrik dan magnet sejajar dengan sumbu y dan sumbu z [5]. Gelombang Elektromagnetik tidak lepas dari persamaan Maxwell, dalam persamaan Maxwell menggambarkan arah rambat, transmisi, refleksi dan difraksi dari gelombang elektromagnetik.

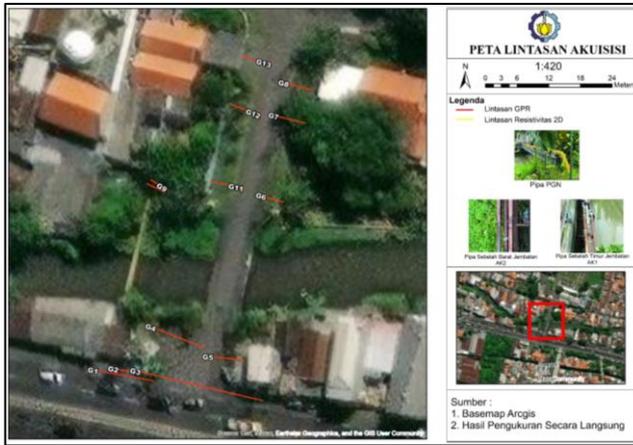
B. Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Sistem GPR ini terdiri dari antena *Transmitter* (Tx) dan antena *Receiver* (Rx). Prinsip kerja dari metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) yaitu dengan antena *transmitter* yang mentransmisikan sinyal elektromagnetik kedalam tanah dengan rentan frekuensi 1-1000 Mhz. Sistem GPR ini terdiri dari antena *transmitter* (Tx) dan antena *receiver* (Rx), dimana antena *transmitter* akan mentransmisikan gelombang elektromagnetik kedalam tanah dimana didalam tanah sebagian dipantulkan karena adanya dua media berbeda dengan kontras dielektrik yang cukup, dan sebagian lagi tetap ditransmisikan ke lapisan yang lebih dalam (lihat Gambar 1) [6].

Dapat juga ditentukan kedalaman dari reflektor ditentukan, waktu perambatan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan antena *transmitter* hingga mengenai reflektor



Gambar 2. Contoh Bentuk Anomali Pipa dan Kabel. Anomali Pipa Gas (Sebelah Kiri), Anomali Kabel Bawah Permukaan (Tengah), dan Anomali Pipa Air Bawah Permukaan (Kanan)



Gambar 3. Peta Desain Akuisisi Lintasan GPR

dan dipantulkan kembali hingga ditangkap oleh antena receiver dan juga diketahui kecepatan rambat sinyal dalam medium [7].

Dalam identifikasi bawah permukaan berupa pipa dan kabel bawah permukaan biasa digunakan teknik pengukuran *Reflection Profiling* [8]. Teknik pengukuran *Reflection Profiling* dengan antena transmitter dan receiver dipindahkan dengan jarak yang konstan saat bergerak disepanjang lintasan yang dikendalikan oleh roda survei, di mana nantinya hasil tampilan pada radargram merupakan kumpulan tiap titik pengamatan. Bentuk dari pipa dan kabel bawah permukaan yang terdeteksi pada hasil radargram didapatkan dengan bentuk anomali hiperbola garis hitam dan putih seperti yang terlihat pada Gambar 2 [9].

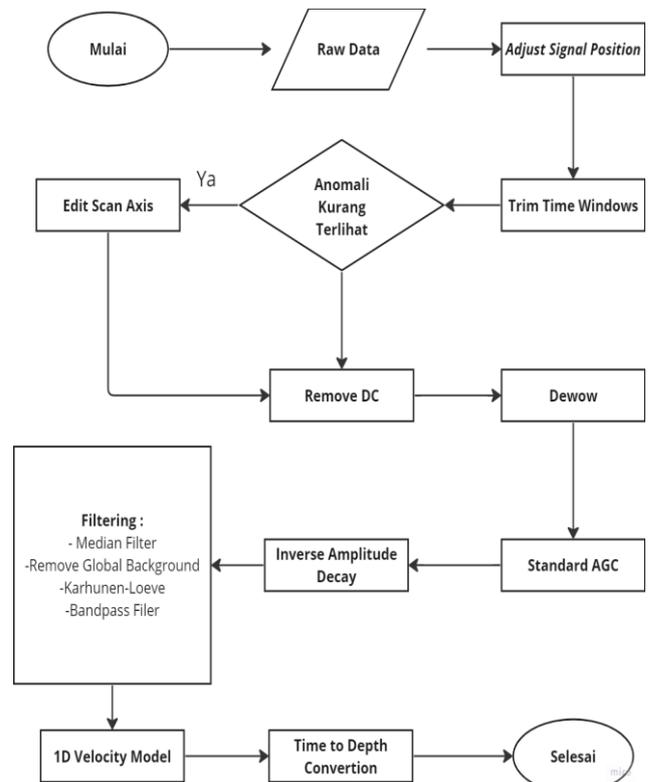
III. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada area dimana terdapat utilitas bawah permukaan dengan menggunakan 23 lintasan yang didapatkan dari pengukuran menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan akuisisi *Reflection Profiling* menggunakan alat GSSI Model 350HS dan frekuensi sebesar 400 MHz (lihat Gambar 3). Pada area ini terdapat pipa dan kabel yang eksisting di permukaan yaitu pipa air, pipa gas dan kabel bawah permukaan.

Untuk alur pengolahan data GPR menggunakan software MatGPR R3.1 dilakukan beberapa proses untuk didapatkan model yang lebih baik dari tampilan awal radargram GPR. Data yang didapat dari pengukuran dengan format data .DZT yang harus dilakukan penyesuaian data dan juga filtering. Alur proses pengolahan data GPR ini dapat dilihat pada Gambar 4.

A. Adjust Signal Position

Pada saat akuisisi data di lapangan sinyal yang dikeluarkan memiliki waktu jeda sebelum sinyal menyentuh permukaan tanah. Perlu dilakukan proses *adjust signal position* untuk



Gambar 4. Flowchart Pengolahan Data Menggunakan Software MatGPR R3.1

menghilangkan waktu jeda antara sinyal yang terbaca pertama hingga sampai pada kontras lapisan permukaan tanah [10]. Setelah dilakukannya *adjust signal position* ini posisi permukaan tanah akan berada di *time zero* yang nantinya akan memudahkan proses interpretasi kedalaman keberadaan anomali yang dicari (lihat Gambar 5).

B. Trim Time Windows

Trim Time Windows ini dilakukan dengan tujuan untuk mengatur *time windows* seperti yang diinginkan, pengaturan *time windows* ini nantinya akan mempengaruhi hasil akhir maximum kedalaman yang dapat terlihat di *time to depth conversion*.

C. Edit Scan Axis

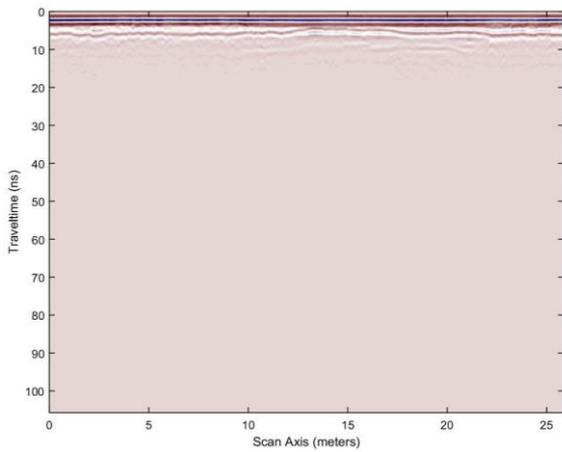
Edit scan axis ini dilakukan untuk mengedit *scan axis* (panjang lintasan meter berapa hingga berapa) yang akan digunakan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah interpretasi karena anomali yang dicari berupa pipa dan kabel bawah permukaan sehingga digunakan hanya sampai kedalaman maximal 5 meter.

D. Remove DC

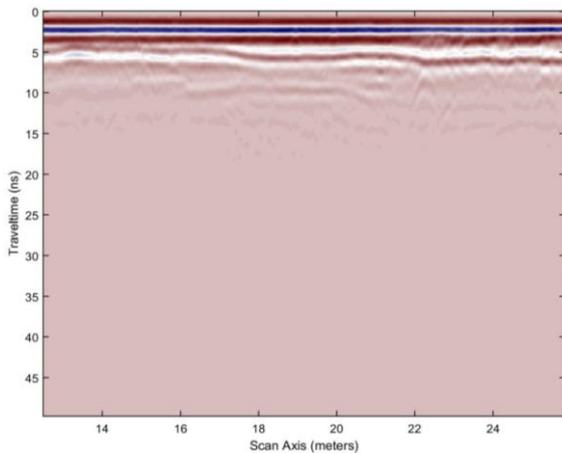
Remove DC ini dilakukan untuk mengembalikan sinyal pada radargram pada posisi yang sebenarnya dimana tidak lebih keatas ataupun ke bawah. Jika tidak terlihat banyak adanya perbedaan saat setelah dilakukan *remove DC*, maka sinyal sudah berada pada titik sebenarnya (lihat Gambar 6).

E. Dewow

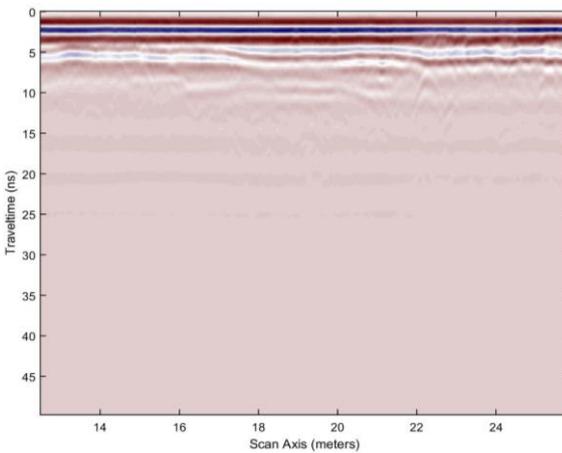
Dewow ini dilakukan untuk menghilangkan noise yang memiliki frekuensi sangat rendah. Noise yang sangat rendah ini terjadi sebab adanya sinyal atau gelombang yang tersaturasi karena nilai amplitudo yang besar dari gelombang langsung (lihat Gambar 7).



Gambar 5. Hasil Setelah dilakukan Proses Adjust Signal Position.



Gambar 6. Hasil Setelah dilakukan Proses Remove DC.



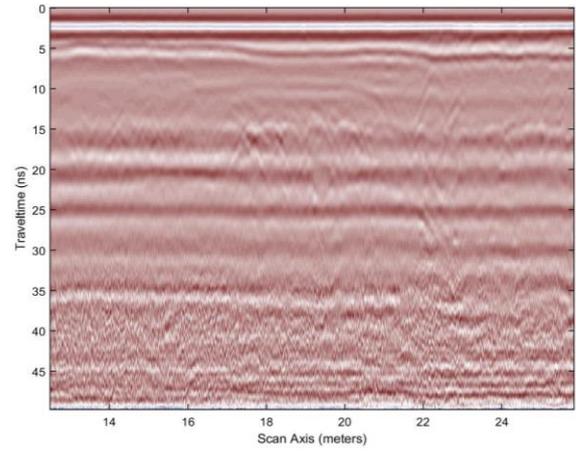
Gambar 7. Hasil Setelah dilakukan Proses Dewow

F. Standard AGC(Automatic Gain Control)

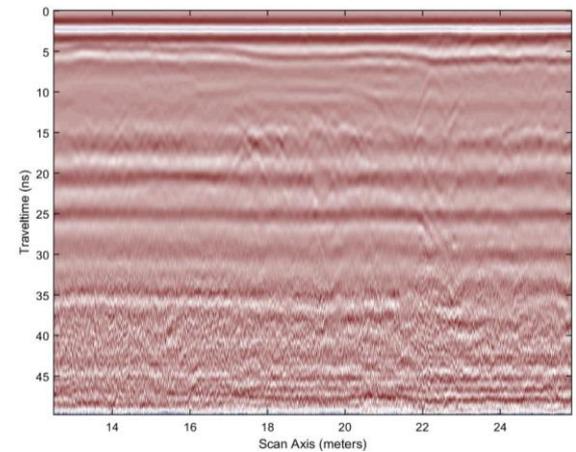
Standard AGC (Automatic Gain Control) dilakukan untuk memproses gain secara otomatis yang disesuaikan dengan cara tertentu, dalam standard AGC ini memasukkan AGC window length dimana panjang pendeknya AGC Window ini akan mempengaruhi amplitudo. Sehingga dengan data yang memiliki kekhasan masing masing maka panjang AGC window yang digunakan harus dilakukan dengan cara trial error sehingga mendapatkan hasil yang baik (lihat Gambar 8).

G. Inverse Amplitude Decay

Inverse amplitude decay ini digunakan untuk memperkuat gain, sinyal yang di transmisikan dari transmitter menuju ke



(A)



(B)

Gambar 8. Hasil Sebelum (A) dan Sesudah (B) Dilakukan Proses Standar Automatic Gain Control

bawah permukaan bumi mengalami atenuasi karena menjarak cukup cepat, hal tersebut menjadikan sinyal yang terlihat pada radargram semakin dalam semakin kurang terlihat begitu jelas. Sehingga karena lemahnya sinyal tersebut dilakukan pemrosesan inverse amplitude decay ini untuk memperkuat gain sinyal (lihat Gambar 9).

H. Median Filter

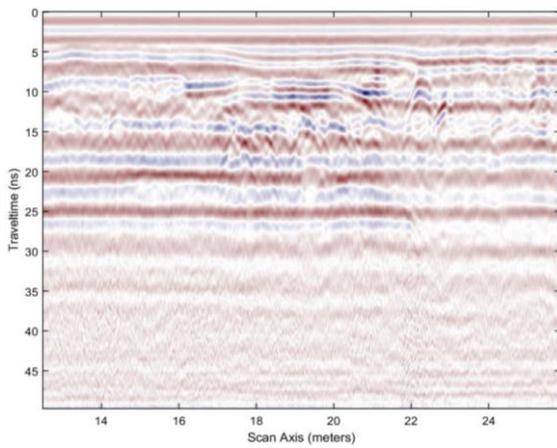
Median filter memiliki fungsi yang sama dengan mean filter yaitu mengurangi noise yang tinggi dan juga noise yang tidak beraturan. Dalam median filter ini menggunakan parameter pada time axis dan scan axis, dengan kekhasan masing-masing data maka dengan cara trial error sehingga mendapatkan hasil yang paling optimal.

I. Remove Global Background

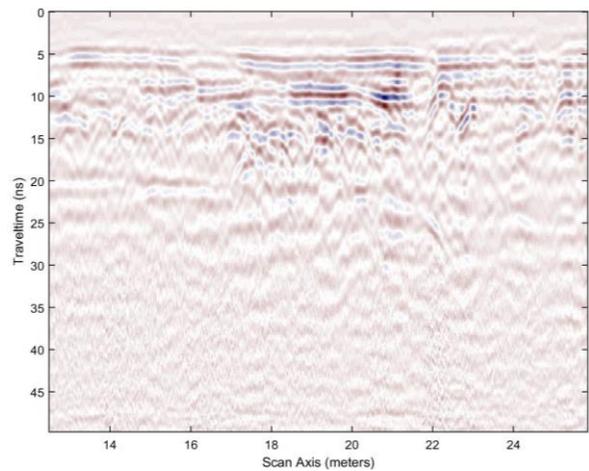
Remove global background digunakan untuk menghapus jejak latar belakang pada data GPR dengan sinyal koheren dan juga mengurangi sinyal yang bervariasi secara acak. Sinyal koheren yang dimaksud adalah garis melintang horizontal yang sering terlihat pada hasil radargram dan juga sinyal bervariasi secara acak yang diterima dari bawah permukaan (lihat Gambar 10).

J. Karhunen-Loeve Filter

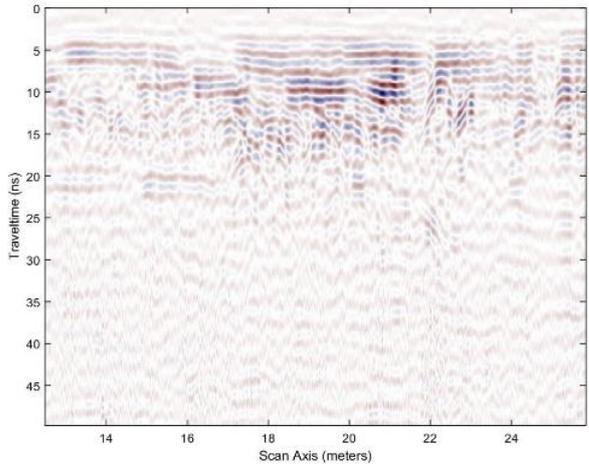
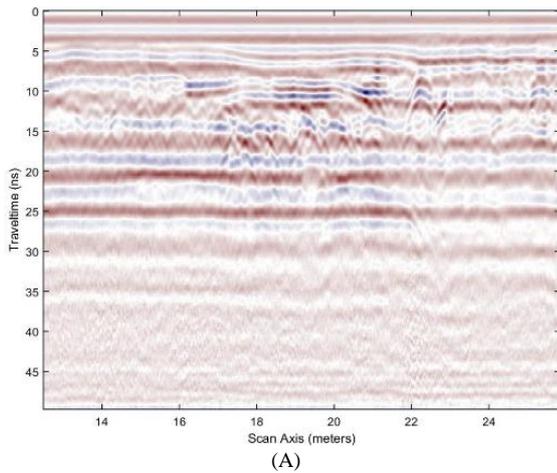
Filtering karhunen loeve ini digunakan untuk menghilangkan noise lateral dengan menggunakan transformasi karhunen-loeve. Dimana menggunakan nilai eigen vektor dengan nilai N untuk di transformasikan (lihat Gambar 11).



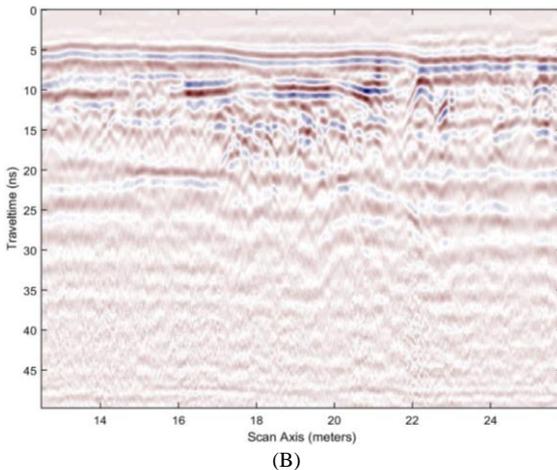
Gambar 9. Hasil Setelah dilakukan Proses Inverse Amplitude Decay



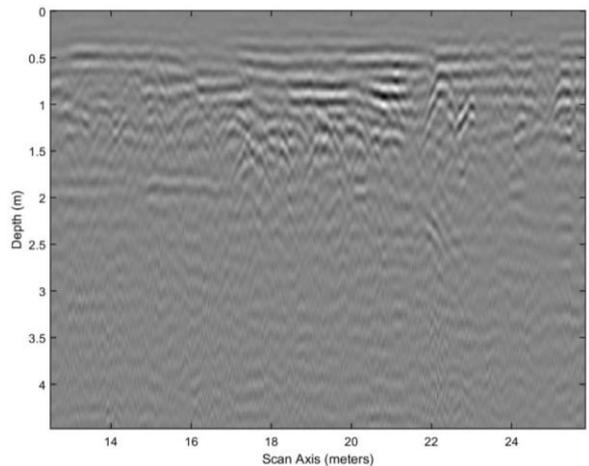
Gambar 11. Hasil Setelah dilakukan Proses Karhunen-Loeve Filter



Gambar 12. Hasil Sebelum (A) dan Sesudah (B) Dilakukan Proses Bandpass Filter.



Gambar 10. Hasil Sebelum (A) dan Sesudah (B) Dilakukan Proses Remove Global Background



Gambar 13. Hasil Setelah dilakukan Proses Time to Depth Conversion Sebagai Hasil Akhir (Greyscale)

K. Bandpass Filter

Filter *bandpass* ini digunakan untuk menghilangkan noise atau frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan dengan cara membatasi nilai jangkauan frekuensi sinyal pada radargram. Sehingga frekuensi hasil dari *bandpass* filter ini akan menjadi terlihat lebih jelas, menjadikan kontras frekuensi akan lebih jelas terlihat (lihat Gambar 12).

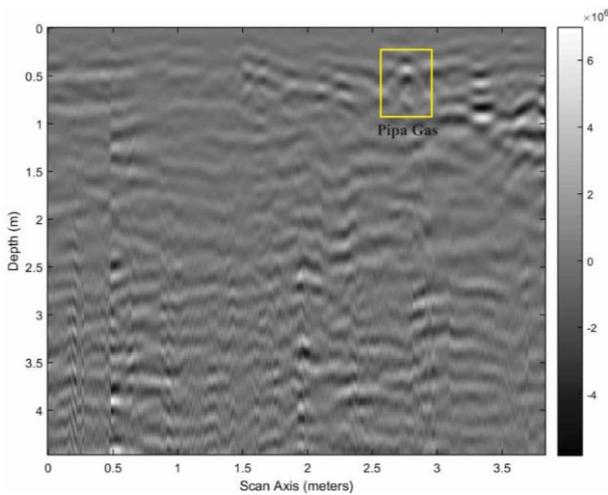
L. 1D Velocity Model

1-D Velocity model ini adalah proses untuk membuat kemungkinan lapisan yang ada di daerah penelitian, dimana pada 1-D velocity ini menggunakan lapisan homogen atau hanya menggunakan satu lapisan. Alasan lain mengapa digunakan 1 lapisan saja karena kedalaman dari data GPR ini

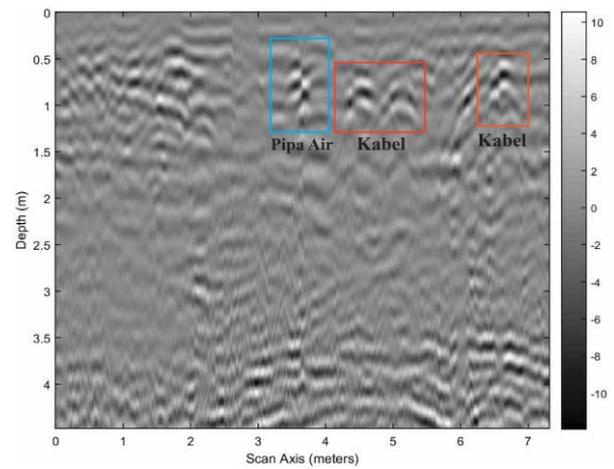
yang relatif dangkal sehingga diasumsikan hanya terdapat 1 lapisan. Dengan digunakan *halfspace* velocity sebesar 0.18m/ns yaitu sebagai lempung pasir.

M. Time to Depth Conversion

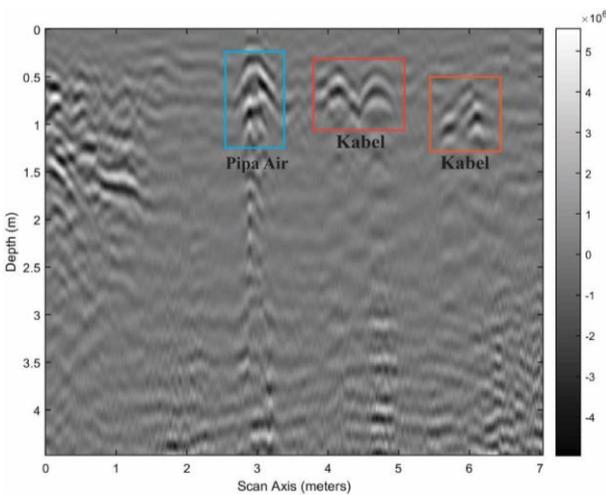
Time to depth conversion ini adalah proses untuk *conversion* dari domain waktu ke domain kedalaman dengan *velocity halfspace* yang digunakan sebelumnya sebesar 0.18 m/ns. Hal ini dilakukan untuk mempermudah interpretasi anomali yang dicari pada domain kedalaman (lihat Gambar 13).



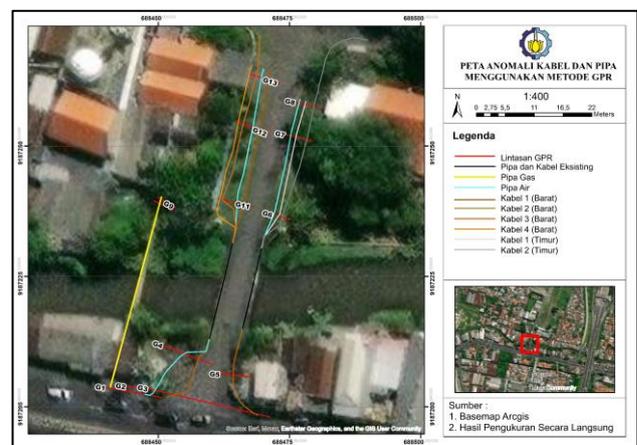
Gambar 14. Profil Radargram 2D Lintasan 10 (Greyscale), Target Hiperbola Pipa Gas (Kotak Kuning)



Gambar 16. Profil Radargram 2D Lintasan 8 (Greyscale), Target Hiperbola Pipa Air (Kotak Biru) Sedangkan Target Kabel Bawah Permukaan (Kotak Jingga).



Gambar 15. Profil Radargram 2D Lintasan 7 (Greyscale), Target Hiperbola Pipa Air (Kotak Biru) Sedangkan Target Kabel Bawah Permukaan (Kotak Jingga)



Gambar 17. Peta Hasil Interpretasi Persebaran Pipa dan Kabel Bawah Permukaan Menggunakan Metode GPR

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 13 lintasan Ground Penetrating Radar (GPR) yang telah dilakukan proses pengolahan, digunakan 3 lintasan yang mewakili kemungkinan anomali yang didapat yaitu lintasan G7, G8 dan G10. Interpretasi target yang dicari yaitu berupa pipa dan kabel bawah permukaan, terdapat 3 jenis anomali. Dimana seharusnya didapat pada ketiga lintasan berdasarkan pipa dan kabel yang eksisting pada area penelitian yaitu berupa pipa gas, pipa air dan kabel bawah permukaan.

A. Lintasan 10

Lintasan 10 ini difokuskan untuk mengidentifikasi letak dan kedalaman dari pipa gas, karena berdekatan dengan pipa gas yang eksisting diatas permukaan. Dengan lintasan ini berada di permukaan berupa tanah dan panjang lintasan 3,83 meter. Pada hasil radargram terlihat adanya anomali dengan bentuk refleksi hiperbola yang diinterpretasikan sebagai pipa gas pada meter ke 2,77 meter dengan kedalaman 0,6 meter, bentuk refleksi hiperbola dengan amplitudo yang cukup besar menunjukkan ciri-ciri dari anomali pipa berbahan logam dengan konduktivitas yang tinggi [11]. Hal ini menyebabkan respon dari reflektor berbeda-beda bergantung terhadap material penyusun dari bidang reflektor (lihat Gambar 14).

B. Lintasan 7

Lintasan 7 difokuskan untuk mengidentifikasi letak dan kedalaman dari utilitas bawah permukaan berupa pipa air dan kabel bawah permukaan yang berada dekat dari lintasan ini. Lintasan ini dengan panjang lintasan 7,04 meter, dimana ± 2 meter lintasan awal berada pada permukaan aspal jalan selanjutnya berada pada lintasan tanah. Pada hasil radargram terlihat terdapat 3 bentuk refleksi hiperbola. Anomali pertama berada pada scan axis 2,97 meter kedalaman 0,6 meter dengan bentuk refleksi amplitudo hiperbola cukup besar sebagai ciri-ciri anomali dengan bahan logam sehingga diinterpretasikan sebagai pipa air. Anomali kedua dan ketiga berada pada scan axis 4,14 dan 6,14 meter kedalaman 0,8 meter, kedua anomali ini memiliki refleksi amplitudo hiperbola yang lebih kecil dibandingkan dengan anomali pertama sehingga diinterpretasikan sebagai kabel bawah permukaan (lihat Gambar 15).

C. Lintasan 8

Lintasan difokuskan untuk mengidentifikasi letak dan kedalaman dari utilitas bawah permukaan berupa pipa air dan kabel bawah permukaan beserta kemenerusan dari ketiga anomali yang didapat pada lintasan 7, dimana lintasan 8 ini sejajar dengan lintasan 7. Lintasan 8 ini dengan panjang lintasan 7,31 meter, dimana ± 2 meter lintasan awal berada pada permukaan aspal jalan selanjutnya berada pada lintasan tanah. Pada hasil radargram terdapat juga 3 bentuk refleksi

hiperbola sama halnya dengan lintasan 2. Anomali pertama berada pada scan axis 3,68 meter kedalaman 0,75 meter dengan bentuk refleksi amplitudo hiperbola cukup besar sebagai ciri-ciri anomali dengan bahan logam sehingga diinterpretasikan sebagai pipa air. Anomali kedua dan ketiga berada pada scan axis 4,55 dan 6,64 meter kedalaman 0,9 meter, kedua anomali ini memiliki refleksi amplitudo hiperbola yang lebih kecil dibandingkan dengan anomali pertama sehingga diinterpretasikan sebagai kabel bawah permukaan (lihat Gambar 16).

Dari interpretasi lintasan 8 menunjukkan bahwa kemenerusan dari pipa air dan kabel bawah permukaan pada lintasan 7 menerus menuju ke lintasan 8 ini.

Didapatkan peta persebaran anomali dari setiap interpretasi yang dilakukan terhadap 13 lintasan pada area penelitian dengan didapatkan 3 jenis anomali yaitu pipa gas, pipa air dan kabel bawah permukaan. Peta ini berdasarkan kemungkinan kemenerusan dari anomali lintasan satu dengan yang lainnya. Gambar 17 adalah peta persebaran pipa dan kabel bawah permukaan di area penelitian.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil interpretasi yang telah dilakukan pada metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) pada ketiga lintasan dengan tujuan mengidentifikasi pipa dan kabel bawah permukaan, didapatkan 3 jenis anomali yaitu pipa gas, pipa air dan kabel bawah permukaan dengan kedalaman dari 0,5 hingga 1 meter dan bentuk anomali yang berbeda-beda berdasarkan material penyusun pipa dan kabel tersebut. Pipa yang berbahan logam akan lebih terlihat tebal atau memiliki amplitudo yang lebih besar anomali yang didapat karena material penyusunnya lebih memiliki sifat konduktivitas yang lebih besar dibandingkan kabel dengan material penyusun luarnya yang berupa karet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Elfarabi, A. Widodo, and F. Syaifudin, "Pemetaan bawah permukaan pada daerah Tanggulangin, Sidoarjo dengan menggunakan Metoda Ground Penetrating Radar (GPR)," *Jurnal Geosaintek*, vol. 3, no. 1, pp. 45–50, 2017, doi: 10.12962/j25023659.v3i1.2955.
- [2] L. B. Conyers and D. Goodman, *Ground-Penetrating Radar: An Introduction for Archaeologists*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press, 1997.
- [3] N. Yazdani, E. C. Garcia, and M. Riad, "Field assessment of concrete structures rehabilitated with FRP," in *Eco-Efficient Repair and Rehabilitation of Concrete Infrastructures*, Elsevier, 2018, pp. 171–194. doi: 10.1016/B978-0-08-102181-1.00008-3.
- [4] F. D. Agustina, M. E. Tjahjadi, and M. Z. Nasri, "Uji lendut deformasi jembatan dengan teknik pemotretan konvergen," *Jurnal Geosaintek*, vol. 8, no. 1, pp. 161–172, 2022, doi: 10.12962/j25023659.v8i1.12514.
- [5] T. Freegarde, *Introduction to The Physics of Waves*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [6] M. Syukri, *Pengantar Geofisika*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2020.
- [7] M. Solla, V. Pérez-Gracia, and S. Fontul, "A review of GPR application on transport infrastructures: Troubleshooting and best practices," *Remote Sens (Basel)*, vol. 13, no. 4, p. 672, 2021, doi: 10.3390/rs13040672.
- [8] A. Arisona, "Migrasi data georadar dengan metode pergeseran fasa," *Jurnal Aplikasi Fisika*, vol. 5, no. 1, 2009.
- [9] S. W. Jaw and M. Hashim, "Locational accuracy of underground utility mapping using ground penetrating radar," *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 35, pp. 20–29, 2013, doi: 10.1016/j.tust.2012.11.007.
- [10] I. A. Pratama, D. D. Warnana, and F. Syaifuddin, "Identifikasi rekahan dangkal akibat aktivitas lumpur Sidoarjo di Kecamatan Tanggulangin – Kabupaten Sidoarjo menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR)," *Jurnal Geosaintek*, vol. 3, no. 1, pp. 23–28, 2017, doi: 10.12962/j25023659.v3i1.2947.
- [11] A. L. Luga, M. M. Muliadi, and O. Ivansyah, "Identifikasi pipa metal bawah permukaan menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR)," *PRISMA FISIKA*, vol. 7, no. 1, pp. 20–29, 2019, doi: 10.26418/pf.v7i1.32286.