

**IDENTIFIKASI JENIS DAN KEBERADAAN UTILITAS BAWAH
PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE *GROUND PENETRATING*
RADAR DI DAERAH PENJARINGAN, JAKARTA UTARA**

(Skripsi)

Oleh

**FAIQ MUHAMMAD FATHURAZZAQ GANDADIPOERA
NPM 1715051049**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

**IDENTIFIKASI JENIS DAN KEBERADAAN UTILITAS BAWAH
PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE *GROUND PENETRATING*
RADAR DI DAERAH PENJARINGAN, JAKARTA UTARA**

Oleh

FAIQ MUHAMMAD FATHURAZZAQ GANDADIPOERA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI JENIS DAN KEBERADAAN UTILITAS BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR DI DAERAH PENJARINGAN, JAKARTA UTARA

Oleh

FAIQ MUHAMMAD FATHURAZZAQ GANDADIPOERA

Penduduk Indonesia yang tahun ke tahun semakin bertambah, membuat kebutuhan akan infrastruktur sangat diperlukan. Infrastruktur yang meliputi juga kebutuhan rumah tangga seperti jaringan listrik, pipa air, pipa gas, dan lainnya harus selalu dijaga baik kualitas maupun kuantitas. Studi yang dapat memastikan hal tersebut yakni studi geoteknik, lebih tepatnya Metode *Ground Penetrating Radar*. Tujuan dari penelitian ini, adalah untuk mengidentifikasi jenis utilitas dan mengestimasi kedalaman utilitas di bawah permukaan pada lokasi daerah penelitian. Tahapan penelitian yang dilakukan mulai dari studi literatur, lalu pengumpulan data, masuk ke tahap pengolahan yang dimulai dari meng-*input* data, melakukan koreksi statis *move start-time*, menghilangkan *wow* dengan *subtract mean*, sinyal yang lemah dikuatkan dengan *manual gain*, *2D filter background removal*, dan agar struktur lebih terlihat dilakukan *FK filter*, yang apabila target sudah dapat diidentifikasi dari *output* maka dilakukan analisis dan interpretasi untuk mendapat kesimpulan. Kesimpulan yang didapat bahwa dari hasil radargram, diidentifikasi masing-masing utilitas memiliki bentuk pola refleksi tersendiri, seperti bentuk parabola lemah dengan parabola kuat garis terputus yang menunjukkan kabel *power*, dua bentuk parabola yang tidak terlalu kuat menunjukkan *fiber optic* dan pipa PDAM atau pipa PGN yang dicirikan dengan bentuk parabola kuat, perbedaan medium dalam pipa tersebut yang memungkinkan untuk dibedakan, salah satunya gas dan salah satunya air, lalu resume kedalaman masing-masing utilitas yakni didapat bahwa kabel *power* diperkirakan berada pada rentang kedalaman 0,3 sampai 3 meter. *fiber optic* diperkirakan pada rentang kedalaman 0,4 – 0,75, pipa PDAM pada rentang kedalaman 1,7 sampai 2,5 meter, dan pipa PGN hanya pada kedalaman 2,5 meter di sumbu X04C2.

Kata kunci: georadar, utilitas, geofisika.

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI JENIS DAN KEBERADAAN
UTILITAS BAWAH PERMUKAAN
MENGUNAKAN METODE GROUND
PENETRATING RADAR DI DAERAH
PENJARINGAN, JAKARTA UTARA**

Nama Mahasiswa : **Faiq Muhammad Fathurrazzaq Gandadipoera**


Nomor Pokok Mahasiswa : 1715051049

Program Studi/Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik




Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 19730716 200012 1 002


Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP 19750911 200012 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika


Karyanto, S.Si., M.T.
NIP 19691230 199802 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

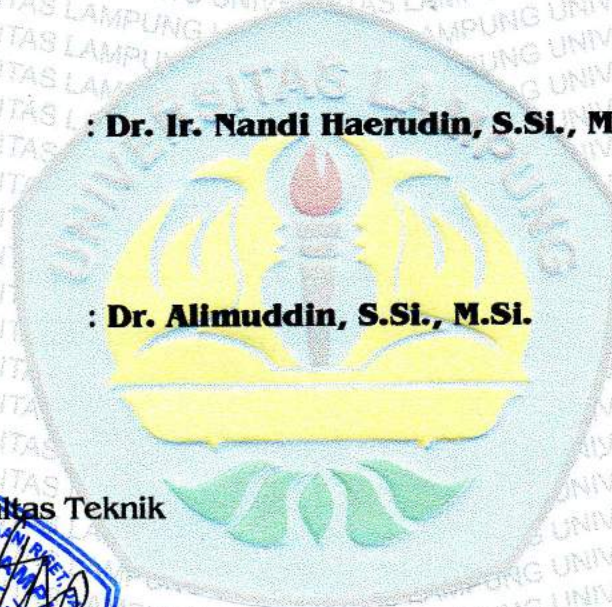
Ketua : Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.



Sekretaris : Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.



Anggota : Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU, ASEAN Eng.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 November 2021

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul "*Identifikasi Jenis dan Keberadaan Utilitas Bawah Permukaan Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar di Daerah Penjaringan, Jakarta Utara*" tidak terdapat karya yang pernah ditulis orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau yang diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 Desember 2021



Faiq Muhammad F

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung, Jawa Barat pada tanggal 4 Januari 2000, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari bapak Farid Sabaridin Gandadipoera dan ibu Iswara Desy.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) diselesaikan di RA Soebono Mantofani, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri Pesanggrahan 03 Pagi pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 177 Jakarta pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Pesantren Unggul Al Bayan Anyer diselesaikan pada tahun 2017.

Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Seismik, Elektromagnetik, dan Analisis Sinyal Dalam Geofisika, serta aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HIMA TG Bhuwana) FT Unila, *American Association of Petroleum Geologist* (AAPG) Unila *Student Chapter*, Badan Eksekutif Mahasiswa FT Unila, periode 2020 dan Badan Eksekutif Mahasiswa KBM Unila periode 2019.

Untuk Tuhan, Bangsa, dan Keluarga

SANCAWANA

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan segala kemudahannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "*Identifikasi Jenis dan Keberadaan Utilitas Bawah Permukaan Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar di Daerah Penjaringan, Jakarta Utara*" sebagai salah satu syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar sarjana di jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Banyak pihak yang telah membantu baik secara moril ataupun materil, baik secara langsung atau tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya, Bapak Farid Sabaridin Gandadipoera dan Ibu Iswara Desy Brudy, yang selalu memberi dukungan, motivasi, dan mendoakan saya, serta Kakak, Abang, dan Adik.
2. Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Suharno, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Bapak Karyanto, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika.
5. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., selaku Sekretaris Jurusan, Pembimbing Akademik, Pembimbing Kerja Praktik, Pembimbing I Tugas Akhir, juga Dosen, atas ilmu, bimbingan, kritik dan sarannya selama proses penyelesaian tugas akhir saya.
6. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing II Tugas Akhir, juga Dosen, atas ilmu, bimbingan, kritik dan sarannya.

7. Bapak Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si., selaku Penguji, juga Dosen, atas ilmu, evaluasi, dan masukkannya saat seminar selama tugas akhir saya.
8. Bapak Risal Nababan, selaku Direktur PT. Abhinaya Mappindo Bumitala. Bapak Donar Garingging dan seluruh karyawan PT. Abhinaya Mappindo Bumitala, atas ilmu, bimbingan, dan kesempatannya untuk tugas akhir di instansi bapak-bapak sekalian.
9. Bapak Ida Bagus Suananda Yogi, S.T., M.T. dan Kak Ida Retno Widayu, atas ilmu dan bantuannya selama saya kerja praktik yang bermanfaat bagi penyelesaian tugas akhir saya juga.
10. Seluruh Dosen dan Karyawan Teknik Geofisika Universitas Lampung, atas ilmu yang sangat bermanfaat dan pengurusan administrasi.
11. Intan Pratiwi, yang telah menjadi tempat berkeluh kesah, motivasi, dan *supportive girlfriend*.
12. Teman-teman seperjuangan, pemilik NPM 1715xx, 1755xx, & 1765xx, atas kebersamaan dan segalanya.
13. Kakak-kakak 2007, 2008, 2009, 2010. 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 dan Adik-adik 2018, 2019, 2020.
14. *Developer Minecraft & Call of Duty Mobile*, atas hiburannya dikala suntuk. *Creator playlist lofi hip hop radio*, atas teman belajar & mengerjakan tugas. *Creator playlist Deep Sleep*, atas penghantar tidurnya.
15. *Last but not least..* diri saya sendiri yang sudah berjuang sampai saat ini.

Bandar Lampung, Desember 2021

Faiq Muhammad F

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian.....	4
2.2. Informasi Jalan	5
2.3. Akuisisi Data	6
III. TEORI DASAR	9
3.1. Prinsip Dasar Metode GPR	9
3.2. Persamaan Dasar Metode GPR	12
3.2.1. Persamaan Maxwell	12
3.2.2. Koefisien Refleksi Gelombang Elektromagnetik.....	13
3.2.3. Parameter Fisis Batuan.....	14
3.2.4. Perambatan Gelombang	15
3.3. Frekuensi Antena.....	17
3.4. Akuisisi Data Metode GPR	18
3.4.1. <i>Reflection Profiling</i>	18
3.4.2. <i>Wide-Angle Reflection and Refraction</i>	19
3.4.3. <i>Transillumination</i>	20
3.5. Pengolahan Data Metode GPR.....	20
3.6. Interpretasi Data Metode GPR	21

IV. METODOLOGI PENELITIAN	24
4.1. Waktu dan Tempat Penelitian	24
4.2. Alat dan Bahan	24
4.3. Jadwal Penelitian	25
4.4. Diagram Alir.....	26
4.5. Prosedur Penelitian.....	27
5.1.1. Studi Literatur	27
5.1.2. Pengumpulan Data	27
5.1.3. Pengolahan Data.....	27
5.1.4. Analisis dan Interpretasi Data	32
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
5.1. Hasil.....	33
5.1.1. Frekuensi 100 MHz.....	33
5.1.2. Frekuensi 200 MHz.....	49
5.2. Pembahasan	67
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	70
6.1. Kesimpulan.....	70
6.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Permittivitas dielektrik, konduktivitas, dan kecepatan berbagai medium	16
Tabel 2. Penentuan frekuensi antena yang digunakan	17
Tabel 3. Perbandingan kontras dielektrik dan kekuatan refleksi beberapa medium	21
Tabel 4. Jadwal Penelitian.....	25
Tabel 5. Posisi anomali tiap sumbu pada frekuensi 100 MHz.....	68
Tabel 6. Posisi anomali tiap sumbu pada frekuensi 250 MHz.....	69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian.....	5
Gambar 2. Peta Jalan Daerah Penelitian.	6
Gambar 3. Jalur jaringan utilitas daerah penelitian.....	7
Gambar 4. Metode deteksi akuisisi data.	7
Gambar 5. Peta Lintasan Akuisisi Daerah Penelitian.	8
Gambar 6. Diagram kerja GPR.	10
Gambar 7. Ilustrasi Radargram Terbentuk.....	11
Gambar 8. Perambatan gelombang elektromagnet.	15
Gambar 9. Radar reflection profiling.....	19
Gambar 10. Wide angle reflection refraction.....	19
Gambar 11. Common mid-point.	19
Gambar 12. Radar tomografi.....	20
Gambar 13. Reflection Profiling Metal dan PVC.	22
Gambar 14. Refleksi pipa metal dan PVC.	23
Gambar 15. Diagram Alir.	26
Gambar 16. Tahap pengaturan input data.	28
Gambar 17. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan move start-time.....	29
Gambar 18. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan subtract mean (dewow).	29
Gambar 19. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan manual gain,.	30
Gambar 20. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan background removal.....	31

Gambar 21. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan FK filter.....	31
Gambar 22. Hasil radargram sumbu X01C1.....	33
Gambar 23. Hasil radargram sumbu X01C2.....	34
Gambar 24. Hasil radargram sumbu X01C3.....	35
Gambar 25. Hasil radargram sumbu Y01.	35
Gambar 26. Hasil radargram sumbu X02.	36
Gambar 27. Hasil radargram sumbu Y02.	37
Gambar 28. Hasil radargram sumbu X03.	37
Gambar 29. Hasil radargram sumbu Y03.	38
Gambar 30. Hasil radargram sumbu X04C1.....	38
Gambar 31. Hasil radargram sumbu X04C2.....	39
Gambar 32. Hasil radargram sumbu X04C3.....	40
Gambar 33. Hasil radargram sumbu X04C4.....	40
Gambar 34. Hasil radargram sumbu Y04.	41
Gambar 35. Hasil radargram sumbu X05.	41
Gambar 36. Hasil radargram sumbu Y05.	42
Gambar 37. Hasil radargram sumbu X06.	42
Gambar 38. Hasil radargram sumbu Y06.	43
Gambar 39. Hasil radargram sumbu X07.	43
Gambar 40. Hasil radargram sumbu Y07.	44
Gambar 41. Hasil radargram sumbu X08.	44
Gambar 42. Hasil radargram sumbu Y08.	45
Gambar 43. Hasil radargram sumbu X09.	45
Gambar 44. Hasil radargram sumbu X10C1.....	46
Gambar 45. Hasil radargram sumbu X10C2.....	47
Gambar 46. Hasil radargram sumbu X10C3.....	47
Gambar 47. Hasil radargram sumbu X10C4.....	48
Gambar 48. Hasil radargram sumbu Y10.	48
Gambar 49. Hasil radargram sumbu X01C1.....	49
Gambar 50. Hasil radargram sumbu X01C2.....	50
Gambar 51. Hasil radargram sumbu X01C3.....	50

Gambar 52. Hasil radargram sumbu Y01.	51
Gambar 53. Hasil radargram sumbu X02.	52
Gambar 54. Hasil radargram sumbu Y02.	53
Gambar 55. Hasil radargram sumbu X03.	53
Gambar 56. Hasil radargram sumbu Y03.	54
Gambar 57. Hasil radargram sumbu X04C1.....	55
Gambar 58. Hasil radargram sumbu X04C2.....	56
Gambar 59. Hasil radargram sumbu X04C3.....	57
Gambar 60. Hasil radargram sumbu X04C4.....	57
Gambar 61. Hasil radargram sumbu Y04.	58
Gambar 62. Hasil radargram sumbu X05.	58
Gambar 63. Hasil radargram sumbu Y05.	59
Gambar 64. Hasil radargram sumbu X06.	59
Gambar 65. Hasil radargram sumbu Y06.	60
Gambar 66. Hasil radargram sumbu X07.	61
Gambar 67. Hasil radargram sumbu Y07.	61
Gambar 68. Hasil radargram sumbu X08.	62
Gambar 69. Hasil radargram sumbu Y08.	63
Gambar 70. Hasil radargram sumbu X09.	63
Gambar 71. Hasil radargram sumbu X10C1.....	64
Gambar 72. Hasil radargram sumbu X10C2.....	64
Gambar 73. Hasil radargram sumbu X10C3.....	65
Gambar 74. Hasil radargram sumbu X10C4.....	66
Gambar 75. Hasil radargram sumbu Y10.	66

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang dengan populasi terbanyak ke-4 di dunia. Indonesia diperkirakan akan memiliki 300 juta penduduk pada tahun 2035 (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2013). Semakin banyaknya penduduk, kebutuhan akan infrastruktur dan sumber daya sangat diperlukan demi menopang kebutuhan dan kesejahteraan masyarakat. Infrastruktur meliputi bangunan seperti tempat tinggal, tempat mengenyam pendidikan, dan perkantoran, maupun akses penghubung seperti jalan umum, jalan tol, dan jembatan, serta kebutuhan rumah tangga seperti jaringan listrik, pipa air, pipa gas, saluran pembuangan, dan lainnya harus selalu dijaga dan ditingkatkan baik kualitas maupun kuantitas. Untuk itu diperlukan sebuah studi geoteknik yang dapat memastikan sebuah infrastruktur dibangun dengan kondisi yang tepat.

Salah satu penerapan penyelidikan geofisika dalam skala detail berhubungan dengan aplikasi geoteknik. Dengan berkembangnya zaman, banyak data lainnya yang diperlukan ahli sipil dalam studi kelayakan seperti permitivitas, konduktivitas, dan permeabilitas. Metode yang berhubungan dengan hal ini adalah metode *Ground Penetrating Radar* atau Georadar. Metode ini adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk metode survei pencitraan bawah permukaan menggunakan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi berkisar antara 25 MHz - 3 GHz. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi lapisan *concrete*, memonitor jembatan dan kereta api, pengecekan jalan seperti analisis struktur trotoar, investigasi geologi seperti profil batuan dasar, pemetaan retakan, dan sedimentologi studi lingkungan

dan hidrogeofisika bawah tanah, serta mendeteksi keberadaan utilitas bawah permukaan seperti saluran air, selokan, kabel listrik, pipa gas, dan lainnya (Rasimeng dkk., 2019).

Komponen alat metode *Ground Penetrating Radar* terdiri dari pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*), *transmitter* menghubungkan antara antena dengan sumber pulsa, sedangkan *receiver* antara antena dengan unit pengolahan. Secara singkat, prinsip kerja dari alat GPR adalah mengirim sinyal gelombang, kemudian dipantulkan oleh diskontinuitas dalam tanah, dan dideteksi kembali oleh antena penerima. Hasil yang ditampilkan pada *display unit* akan berupa rekaman penampang jarak vs kedalaman yang memerlukan pengolahan data lebih lanjut sehingga data akan lebih mudah untuk diinterpretasikan.

Metode *Ground Penetrating Radar* memiliki keterbatasan yakni terhadap basah atau keringnya tanah, keberadaan tanah liat, lempung, air asin, atau sedimen berbutir halus yang dapat menyerap energi dan mencegah propagasi pulsa, ini akan mengakibatkan sinyal yang rusak dan hasil yang digambarkan akan sulit untuk dibaca. Sedangkan kelebihan metode ini yaitu merupakan metode yang relatif mudah digunakan dan bersifat non-destruktif (tidak merusak). Kelebihan inilah yang dimanfaatkan pada aplikasi metode GPR untuk mendeteksi keberadaan utilitas yang berguna untuk melakukan perawatan atau menghindari kerusakan saat akan melakukan penggalian, yang umumnya utilitas berada di bawah permukaan.

Penelitian lainnya yang memanfaatkan aplikasi dari metode GPR antara lain mengenai Analisis Struktur Graben di Kabupaten Ngada, NTT oleh Ristika Wulandari pada tahun 2013, mengenai Pola Retakan di Bendungan Batu Tegi, Lampung oleh Soemantri Aji Pratama pada tahun 2016, mengenai Identifikasi Gua Bawah Tanah pada Struktur Gamping oleh Anggun Shofiana pada tahun 2016, mengenai Identifikasi Lapisan Aluvial dan Lempung di Gunung Saguling, Kabupaten Bandung Barat oleh Heksa Agus Wiyono pada tahun 2016, mengenai Inspeksi Kondisi Jalan untuk Analisis Potensi Kerusakan oleh Muhammad Rizaldi Farsah pada tahun 2020, mengenai Investigasi

Struktur Bawah Permukaan di Lereng Gunung Raung oleh Helmi Diana pada tahun 2016, mengenai Pemetaan Bawah Permukaan pada daerah Tanggulangin, Sidoarjo oleh Elfarabi pada tahun 2016, dan yang memanfaatkan aplikasi yang sama, Puji Nurlaili pada tahun 2020 dengan Pencitraan Utilitas Bawah Permukaan pada Segmen Area X di Jakarta untuk pembangunan fondasi tol.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi jenis utilitas di bawah permukaan pada lokasi daerah penelitian.
2. Mengestimasi kedalaman utilitas di bawah permukaan pada lokasi daerah penelitian.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalahnya adalah:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder dari PT. Abhinaya Mappindo Bumitala, dengan akuisisi data dilakukan di daerah DKI Jakarta.
2. Hasil yang didapatkan merupakan analisa berdasarkan kenampakan pada radargram profil 2D.
3. Kajian yang dilakukan didasarkan pada aspek metode GPR dan tidak mengkaji bagaimana perencanaan pembongkaran tanah atau pemasangan utilitas.

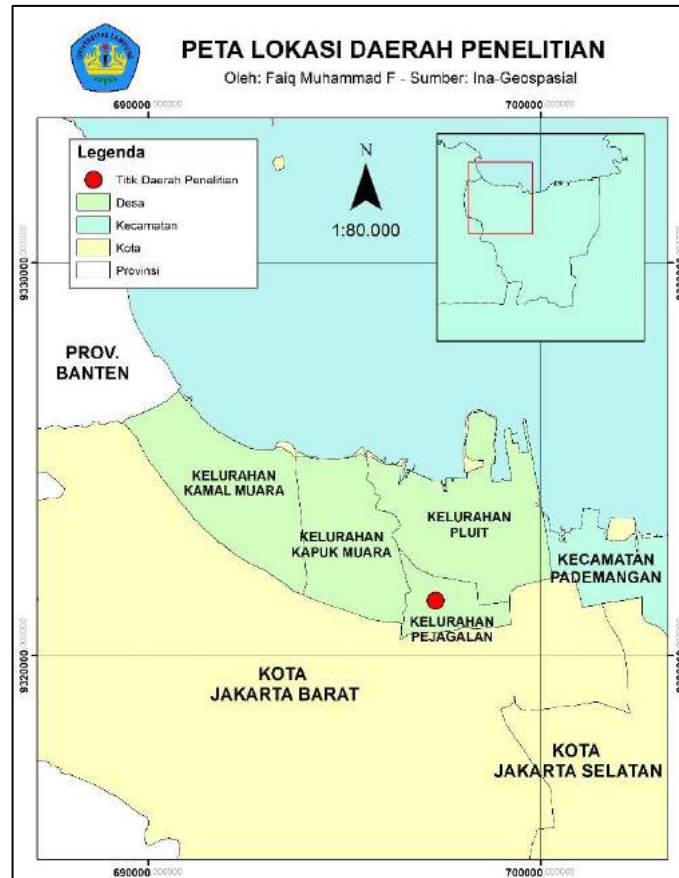
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Daerah penelitian ini berada di Kecamatan Penjaringan, Kota Administrasi Jakarta Utara. Kota Administrasi Jakarta Utara termasuk ke dalam Provinsi DKI Jakarta. Secara geografis, kota ini terletak pada 6°10'00" Lintang Selatan dan 106°20'00" Bujur Timur. Kecamatan Penjaringan memiliki 4 kelurahan yang terdiri dari Kelurahan Kamal Muara, Kelurahan Kapuk Muara, Kelurahan Pluit, dan kelurahan yang menjadi tempat penelitian dilakukan, Kelurahan Pejagalan (BPS Kota Jakarta Utara, 2020).

Berdasarkan Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 171 Tahun 2007 tentang Penataan, Penetapan Batas, dan Luas Wilayah Kelurahan di DKI Jakarta, luas total wilayah Kelurahan Pejagalan adalah ± 3,23 km², dengan perbatasan wilayah dengan daerah lain sebagai berikut:

- Batas Utara : Jl. Tol Cengkareng Pluit, Jl. Raya Bandengan Utara, atau Kelurahan Pluit.
- Batas Timur : Jl. Jembatan III – Rel KA dari Pasar Ikan menuju Roxi (Jembatan V), atau Kecamatan Pademangan, Jakarta Utara.
- Batas Selatan : Jl. Jelambar – Jl. TB. Angka, atau Kota Administrasi Jakarta Barat.
- Batas Barat : Sepanjang Kali Muara Angke, Kali Cisadane, atau Kelurahan Kapuk Muara.



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian. (Modifikasi Peta Tematik Indonesia, 2013)

2.2. Informasi Jalan

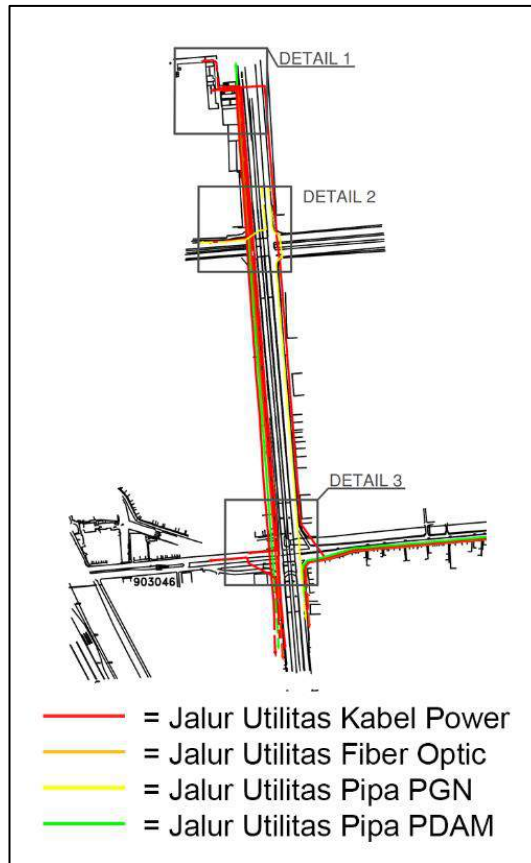
Daerah penelitian yang terletak di Kelurahan Pejagalan, Kecamatan Penjaringan, Jakarta Utara ini berlokasi tepatnya pada Jalan Jembatan Dua Raya. Jalan tersebut menjadi lintasan utama dilakukannya akuisisi data. Pada lokasi penelitian, lintasan utama di mulai pada jalan perempatan di bawah *Jakarta Inner Toll Road* kemudian ke arah selatan, lalu memotong Jalan Bandengan Selatan dan Jalan Terusan Bandengan, diujung lintasan utama atau perempatan kedua yang dilewati, lintasan kemudian berbelok kiri ke arah Jalan Pangeran Tubagus Angke. Bangunan yang dapat menjadi patokan daerah penelitian yakni terdapat SPBU Pertamina Jembatan Tiga dan Stasiun Angke.



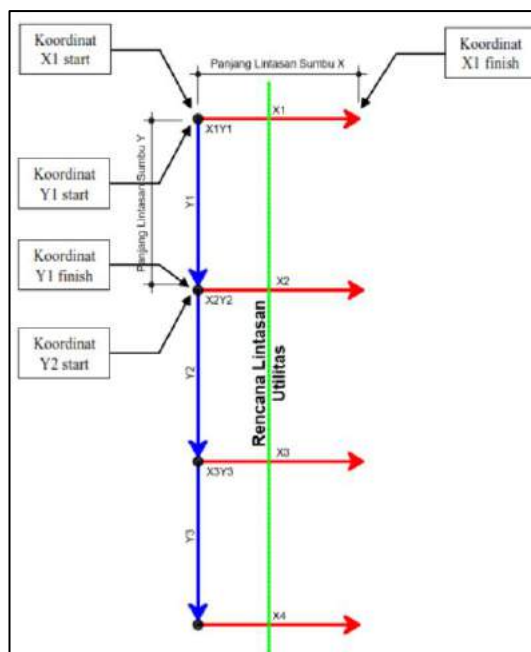
Gambar 2. Peta Jalan Daerah Penelitian.

2.3. Akuisisi Data

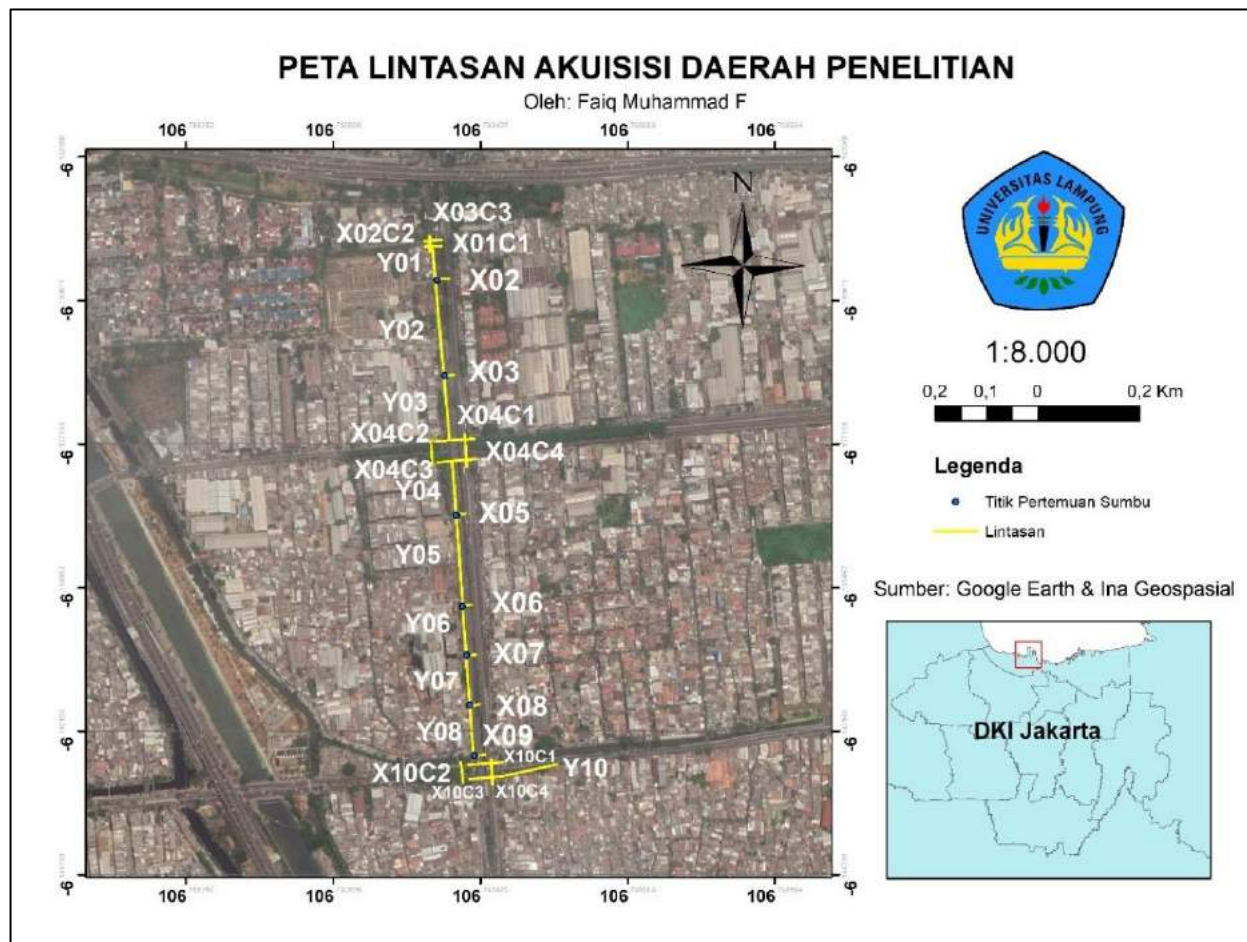
Pada Gambar 3, dapat dilihat peta jalur jaringan utilitas yang diberikan oleh pemilik aset. Dikarenakan hasil yang muncul pada radargram tidak dapat menyebutkan jenis utilitas, informasi ini dapat membantu keakuratan hasil deteksi. Pada Gambar 4, dapat dilihat metode deteksi akuisisi data yang dilakukan oleh instansi. Untuk mendapat hasil yang baik, metode deteksi dapat dilakukan dengan melintasi rencana lintasan utilitas searah sumbu X, lalu kembali ke titik mulai sumbu X dilanjutkan dengan deteksi searah lintasan utilitas arah sumbu Y, dan diulangi hingga menutupi area deteksi yang diinginkan. Pada Gambar 5, dapat dilihat peta lintasan akuisisi pada daerah penelitian. Akuisisi yang dimulai pada sumbu X01C1, yang berlokasi di perempatan, hingga sumbu Y10 memiliki panjang $\pm 1,3$ Km Pada setiap perempatan dilakukan akuisisi yang saling memotong untuk mendeteksi apabila terdapat utilitas yang memiliki sambungan.



Gambar 3. Jalur jaringan utilitas daerah penelitian.



Gambar 4. Metode deteksi akuisisi data.



Gambar 5. Peta Lintasan Akuisisi Daerah Penelitian.

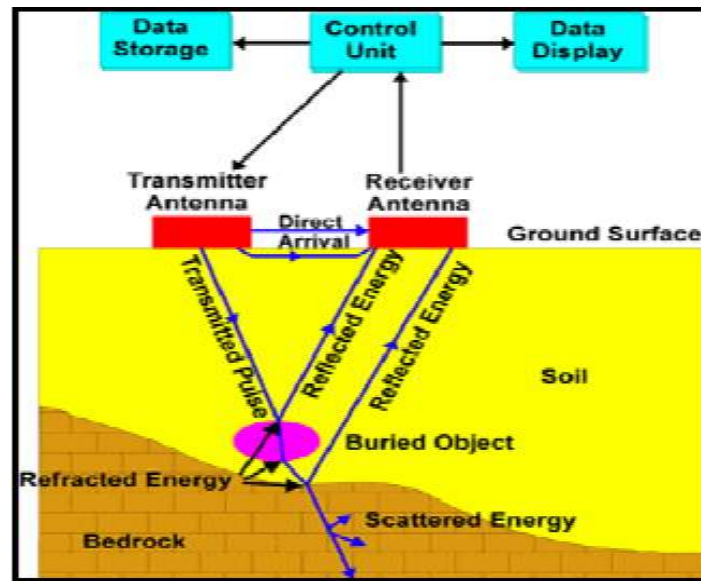
III. TEORI DASAR

3.1. Prinsip Dasar Metode GPR

Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) adalah metode yang digunakan untuk mendeteksi kondisi bawah permukaan dan konstruksi bangunan. Metode ini menggunakan sinyal pantulan yang diterima oleh *receiver* akibat perbedaan konstanta dielektrik lapisan di bawah permukaan. Sistem alat ini yaitu sinyal gelombang dikirimkan oleh *transmitter* lalu gelombang yang kembali akan terekam.

Komponen metode *Ground Penetrating Radar* terdiri dari *control unit*, antena pemancar dan penerima, kabel penghubung, dan alat lainnya yang dapat mempermudah pengambilan data. Besar frekuensi antena alat metode ini mempunyai *range* dari 100 MHz sampai 1 GHz.

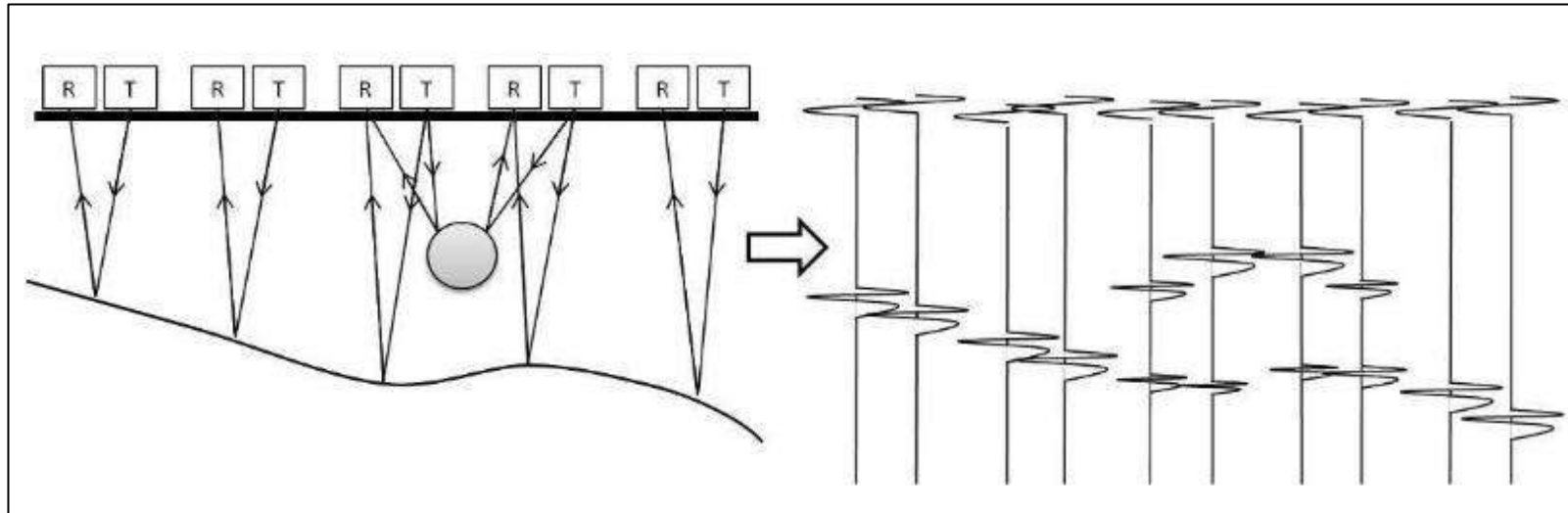
Control unit berfungsi sebagai pengatur pengumpulan data, termasuk *transmitter* dan *receiver*. Komponen ini juga akan berfungsi sebagai penyimpanan sementara sebelum data dipindahkan ke laptop/PC. *Transmitter* akan mengirimkan energi pada medium di bawah permukaan, lalu *receiver* mengubah sinyal yang diterima menjadi nilai integer. Untuk kabel yang digunakan, terdapat dua tipe konektor yaitu konektor bertanda R yang berguna untuk memberikan informasi dari *control unit* dan konektor bertanda D yang berguna untuk menerima informasi yang diperoleh ke *control unit*. Hasil *scan* dari alat akan akan ditampilkan berupa radargram dengan fungsi waktu *two-way travel time*, yakni waktu dari *transmitter* menuju target dan kembali ke *receiver*.



Gambar 6. Diagram kerja GPR (Yudi Yulius dkk., 2010).

Mode konfigurasi antena *transmitter* dan *receiver* pada GPR terdiri dari mode *monostatik* dan *bistatik*. Mode *monostatik* yaitu bila *transmitter* dan *receiver* digabung dalam satu antena, sedangkan mode *bistatik* bila kedua antena memiliki jarak pemisah (Lane dkk., 1998).

Data GPR diambil di sepanjang lintasan dan secara simultan direkam pada *hard drive*. Ketika gelombang radar menemui diskontinuitas struktural (perbedaan sifat material *drastic*), sebagian dari gelombang tersebut akan dipantulkan dan akan berbentuk impuls sekunder. Impuls tersebut kemudian ditangkap oleh antena *receiver* dan kemudian direkam berupa data pengamatan, dan jika data tersebut diinterpretasikan dengan benar, maka data tersebut akan menunjukkan target yang diinginkan.



Gambar 7. Ilustrasi Radargram Terbentuk (Rasimeng dkk., 2019).

3.2. Persamaan Dasar Metode GPR

3.2.1. Persamaan Maxwell

Gelombang secara singkat didefinisikan sebagai getaran yang merambat, sedangkan gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang memiliki komponen medan listrik dan medan magnetik, dimana keduanya saling tegak lurus terhadap arah perambatan. Persamaan pertama yang mendasari gelombang elektromagnetik adalah persamaan *Maxwell*, yang menjelaskan sifat-sifat medan magnet dan medan listrik dengan sumbernya.

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times B = \mu_0 j + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (4)$$

Keterangan:

$\nabla \cdot$ = Operator divergensi

E = Medan listrik (V/m)

ρ = Rapat muatan (C/m³)

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa (F/m)

B = Medan magnet (Wb/m² atau T)

$\nabla \times$ = Operator curl

μ_0 = Permeabilitas ruang hampa (H/m atau N/A²)

j = Rapat arus (A/m²)

$\frac{\partial}{\partial t}$ = Turunan parsial terhadap waktu

Muatan listrik yang berbeda jenis akan tarik menarik dan muatan yang memiliki jenis yang sama akan tolak menolak, persamaan *Maxwell I* (Hukum *Gauss* untuk Listrik) menjelaskan bagaimana muatan listrik dapat mengubah medan listrik. Hukum *Gauss* untuk magnetisme memiliki perbedaan dengan Hukum *Gauss* untuk listrik. Dalam hal ini, persamaan *Maxwell II* (Hukum *Gauss* untuk Magnetisme)

menjelaskan bahwa tidak ada partikel “kutub utara” atau “kutub selatan”, kutub-kutub utara dan kutub-kutub selatan selalu saling berpasangan. Persamaan *Maxwell* III (Hukum Induksi *Faraday*) menjelaskan bahwa bagaimana perubahan magnet terhadap waktu akan menciptakan medan listrik. Gaya mekanik memutar sebuah magnet besar dan perubah magnet tersebut menciptakan medan listrik yang mendorong arus listrik, yang kemudian disalurkan melalui jala-jala listrik. Persamaan *Maxwell* IV (Hukum *Ampere*) menjelaskan bahwa pembangkitan medan magnet dapat dilakukan dalam dua metode, yaitu dengan arus listrik serta dengan mengubah medan listrik.

3.2.2. Koefisien Refleksi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang yang tertransmisikan pada variasi bawah permukaan mempengaruhi keberhasilan dari metode *Ground Penetrating Radar*. Koefisien refleksi (R) adalah perbandingan energi yang direfleksikan. Hal ini ditentukan oleh perbedaan nilai cepat rambat gelombang atau konstanta dielektrik relatif dua medium yang berdekatan (Kunz dan Luebbers, 1993).

$$R = \frac{(V_1 - V_2)}{(V_1 + V_2)} \quad (5)$$

$$R = \frac{(\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2})}{(\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2})} \quad (6)$$

Keterangan:

R = koefisien refleksi

V_1 = cepat rambat gelombang elektromagnet pada lapisan pertama

V_2 = cepat rambat gelombang elektromagnet pada lapisan kedua

$V_1 < V_2$

ϵ_1 = konstanta dielektrik relatif lapisan pertama

ϵ_2 = konstanta dielektrik lapisan kedua

Persamaan di atas diaplikasikan untuk keadaan normal pada permukaan bidang datar, dengan asumsi tidak ada sinyal yang hilang

berhubungan dengan amplitudo sinyal. Besarnya R akan berada di antara nilai -1 dan 1 . Daya koefisien refleksi sama dengan R^2 dan energi yang ditransmisikan sama dengan $1-R$. Jejak yang terdapat pada rekaman GPR merupakan konvolusi dari koefisien refleksi dan impuls GPR.

3.2.3. Parameter Fisis Batuan

Sifat elektromagnet meliputi sifat kelistrikan dan sifat kemagnetan. Permittivitas dan konduktivitas termasuk sifat kelistrikan, sedangkan permeabilitas magnet termasuk sifat kemagnetan. Permittivitas dielektrik (ϵ) menjelaskan mengenai kemampuan suatu material menyimpan arus listrik. Permittivitas dielektrik menjelaskan rasio antara medan listrik (E) dengan pergeseran medan listrik (D).

$$D = \epsilon E \quad (7)$$

ϵ = permitivitas dielektrik (F/m)

D = pergeseran medan listrik

E = medan listrik (V/m)

Permeabilitas magnetik (μ) menjelaskan mengenai tingkat kemagnetan suatu material di bawah pengaruh medan magnet eksternal. Permeabilitas magnetik juga menjelaskan rasio antara medan magnet (B) dan kuat medan magnet (H).

$$B = \mu H \quad (8)$$

μ = permeabilitas magnetik (H/m)

H = kuat medan magnet (A/m)

B = medan magnet (Wb/m² atau T)

Konduktivitas elektrik (σ) menjelaskan seberapa mudah aliran listrik dapat bergerak menembus suatu material yang terdapat medan listrik. Konduktivitas elektrik juga menjelaskan rasio antara rapat arus (J) di dalam material terhadap medan listrik (E).

$$j = \sigma E \quad (9)$$

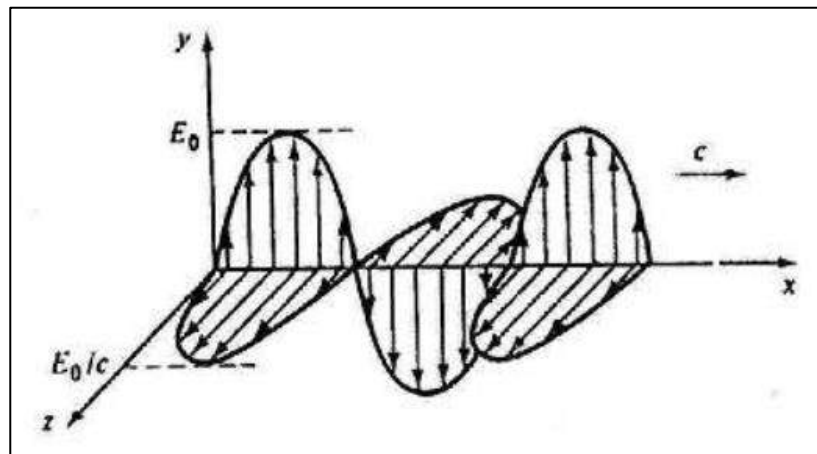
σ = konduktivitas elektrik (S/m)

j = rapat arus (A/m^2)

E = medan listrik (V/m)

3.2.4. Perambatan Gelombang

Rangkaian pemancar akan menghasilkan pulsa listrik berbentuk PRF (*pulse repetition frequency*), pulsa akan dipancarkan oleh antenna ke dalam tanah dalam durasi tertentu secara terus menerus. Pulsa ini akan mengalami absorpsi, atenuasi, dan cacat sinyal lainnya selama perambatan di tanah. Absorpsi adalah penyerapan energi yang diakibatkan oleh penjalaran gelombang yang melewati medium yang berbeda, sedangkan atenuasi adalah gejala pelemahan sinyal akibat bertambahnya jarak penetrasi suatu gelombang.



Gambar 8. Perambatan gelombang elektromagnet (Supriyanto, 2007).

Secara singkat, jika medium bersifat homogen maka sinyal yang dipantulkan sangat kecil, sedangkan jika melewati medium yang heterogen, maka akan ada sinyal yang dipantulkan kembali. Sinyal ini yang kemudian diproses oleh antenna *receiver*.

Untuk kedalaman objek, dapat diketahui dengan menghitung waktu antara pulsa dipancarkan dan diterima. Dalam selang waktu tersebut, pulsa akan bolak-balik, dari *transmitter* ke objek ke *receiver* (Bahri dkk., 2009).

$$h = \frac{1}{2}vt \quad (10)$$

h = kedalaman objek (m)

v = kecepatan propagasi gelombang (m/ns)

t = waktu (ns)

Untuk mengetahui kedalaman objek yang dideteksi, kecepatan perambatan dari gelombang elektromagnetik haruslah diketahui. Kecepatan gelombang radar dalam beberapa medium tergantung pada kecepatan cahaya di udara dan parameter fisis seperti konstanta dielektrik relatif.

Kecepatan gelombang radar dalam material diberikan oleh persamaan berikut (Bahri dkk., 2009):

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (11)$$

Keterangan:

c = Kecepatan cahaya (300 mm/ns)

ϵ_r = Konstanta dielektrik relatif (F/m)

Tabel 1. Permittivitas dielektrik, konduktivitas, dan kecepatan berbagai medium (Di Prinzio dkk., 2010)

Material	Permittivitas Dielektrik Relatif/ ϵ_r (F/m)	Konduktivitas/ σ (S/m)	Kecepatan/ v (m/ns)
Udara	1	0	0.3
Air Terdistilasi	80	0.01	0.033
Air Segar	80	0.5	0.0033
Air Laut	80	3×10^3	0.01
Pasir Kering	3 - 5	0.01	0.15
Pasir Basah	20 - 30	0.1 - 1	0.08
Batu Gamping	4 - 8	0.5 - 2	0.12

Material	Permitivitas Dielektrik Relatif/ ϵ_r (F/m)	Konduktivitas/ σ (S/m)	Kecepatan/v (m/ns)
Serpih	5 - 15	1 - 100	0.09
Lanau	5 - 30	1 - 100	0.07
Lempung	5 - 40	2 - 1000	0.06
Granit	4 - 6	0.01 - 1	0.13
Garam Kering	5 - 6	0.01 - 1	0.13
Es	3 - 4	0.01	0.16
<i>Concrete</i>	4 - 10	-	-
Metal	1 - 2	-	-

3.3. Frekuensi Antena

Besarnya penetrasi atau kedalaman yang dapat dicapai oleh gelombang radar sangat bergantung pada besar kecil frekuensi yang digunakan. Semakin kecil frekuensi atau semakin besar panjang gelombang yang digunakan, maka akan semakin besar penetrasi yang dapat dicapai oleh gelombang dan sebaliknya. Besarnya penetrasi juga dipengaruhi oleh konduktivitas material, dimana konduktivitas yang tinggi akan menyebabkan penetrasi lebih dangkal karena terjadinya absorpsi oleh lapisan-lapisan yang memiliki konduktivitas (Musset & Khan, 1993).

Penentuan frekuensi gelombang radar yang digunakan juga akan berpengaruh pada hasil rekaman data. Ketika menggunakan frekuensi yang rendah akan diperoleh penetrasi yang dalam, akan tetapi resolusi yang dihasilkan akan semakin buruk. Maka untuk menghasilkan resolusi yang baik digunakan frekuensi yang besar.

Tabel 2. Penentuan frekuensi antena yang digunakan (Lehmann & Green, 1999)

Frekuensi Antena (MHz)	Ukuran Target (m)	Batas Kedalaman (m)	Kedalaman Penetrasi Maksimum (m)
25	≥ 1	5- 30	35 - 60
50	≥ 0.5	5 - 20	20 - 30
100	0.1 - 1.0	2 - 15	15 - 25
200	0.05 - 0.50	1 - 10	5 - 15
400	0.05	1 - 5	3 - 10
1000	≤ 5 cm	0.05 - 2	0.5 - 4

Resolusi menunjukkan suatu kemampuan untuk memisahkan dua objek yang berbeda pada jarak yang berdekatan. Hal ini berhubungan erat dengan target atribut geometri termasuk bentuk, ukuran ketebalan, dan lain-lain. Pemisahan dua objek yang saling berdekatan hanya bisa dilakukan jika menggunakan panjang gelombang rendah dan ini berarti gelombang frekuensi tinggi.

Ada dua komponen resolusi yang bekerja pada GPR, yaitu resolusi vertikal dan resolusi lateral. Resolusi vertikal adalah suatu kemampuan untuk membedakan dua objek pada waktu yang berdekatan secara vertikal, sedangkan resolusi lateral secara lateral.

Resolusi vertikal dirumuskan sebagai berikut (Annan, 2001):

$$\Delta r = \frac{\lambda_c}{4} \quad (12)$$

Dengan Δr adalah resolusi vertikal (m) dan λ_c adalah panjang gelombang frekuensi tengah antena (m).

Sedangkan resolusi lateral dirumuskan sebagai berikut (Annan, 2001):

$$\Delta L = \sqrt{\frac{\lambda_c d}{2}} \quad (13)$$

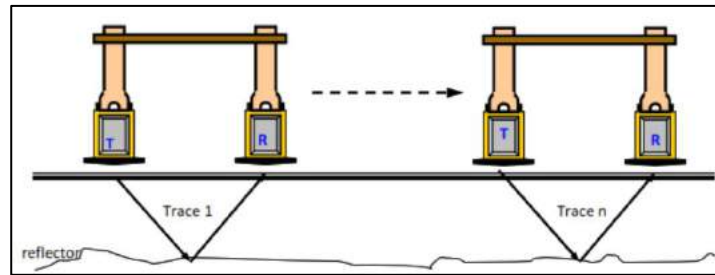
Dengan ΔL adalah resolusi lateral (m) dan d adalah kedalaman.

3.4. Akuisisi Data Metode GPR

Dalam proses akuisisi metode *Ground Penetrating Radar*, terdapat tiga cara penggunaan, antara lain: *reflection profiling* (antena monostatik ataupun bistatik), *wide-angle reflection and refraction* (WARR) atau *common-mid point* (CMP) *sounding*, dan *transillumination* atau *radar tomography*, yang pemilihannya bergantung terhadap tujuan dan target survei (Reynolds, 2011).

3.4.1. *Reflection Profiling*

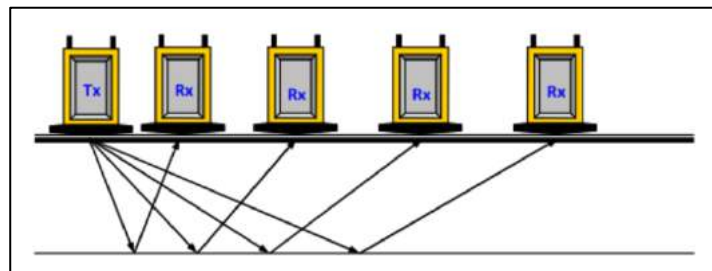
Sistem akuisisi *Reflection Profiling* dilakukan dengan membawa antena *transmitter* dan *receiver* secara bersamaan di atas permukaan tanah. Hasil tampilan yang muncul pada *radargram* merupakan kumpulan titik-titik yang dilakukan akuisisi.



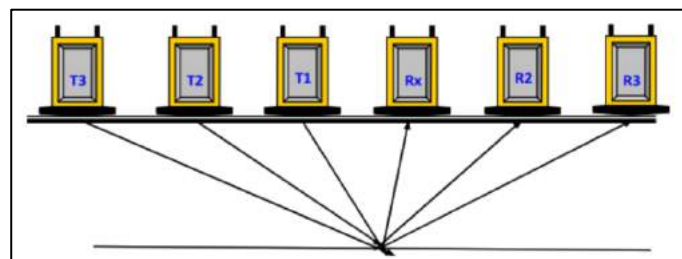
Gambar 9. Radar *reflection profiling*.

3.4.2. *Wide-Angle Reflection and Refraction*

Sistem akuisisi *Wide Angle Reflection and Refraction* (WARR) dilakukan dengan membawa antena *receiver* selama proses akuisisi dan antena *transmitter* pada posisi yang tetap. Sistem ini biasa digunakan pada bidang *reflector* yang memiliki kemiringan yang rendah atau relatif datar. Karena asumsi tersebut tidak selalu benar pada kebanyakan kasus, maka dapat menggunakan *Common Mid Point* (CMP) untuk mengatasi kelemahan tersebut. Antena pada sistem akuisisi CMP akan bergerak menjauh satu sama lainnya dengan posisi tengah yang tetap.



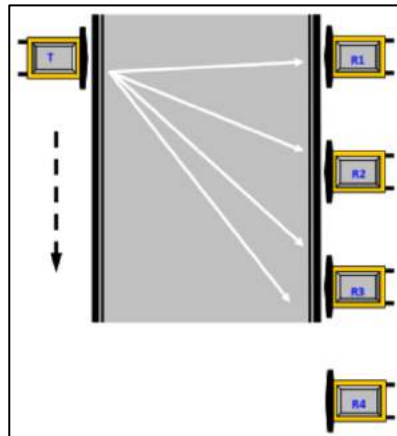
Gambar 10. *Wide angle reflection refraction*.



Gambar 11. *Common mid-point*.

3.4.3. *Transillumination*

Sistem akuisisi *Transillumination* dilakukan dengan menempatkan antena *transmitter* dan *receiver* pada posisi yang berlawanan. Pada berbagai macam kasus, sistem akuisisi ini umumnya digunakan pada pengambilan data *non-destructive testing* (NDT) dengan menggunakan frekuensi yang tinggi, yakni sekitar 900 MHz.



Gambar 12. Radar tomografi..

3.5. Pengolahan Data Metode GPR

Proses pengolahan data GPR secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan, antara lain:

- Koreksi Statistik

Proses ini bertujuan untuk mengoreksi posisi dari antena dan *receiver*. Koreksi statistik juga menghilangkan efek dari *direct wave* yang masuk ke dalam permukaan tanah secara manual.

- *Gaining*

Proses ini bertujuan untuk menguatkan amplitudo yang dianggap lemah pada data lapangan GPR.

- *Filtering Data*

Proses ini bertujuan untuk memisahkan data dengan *noise* yang memiliki beda frekuensi.

- Analisis Kecepatan

Proses ini bertujuan untuk mendefinisikan kecepatan lapisan batuan yang terdeteksi.

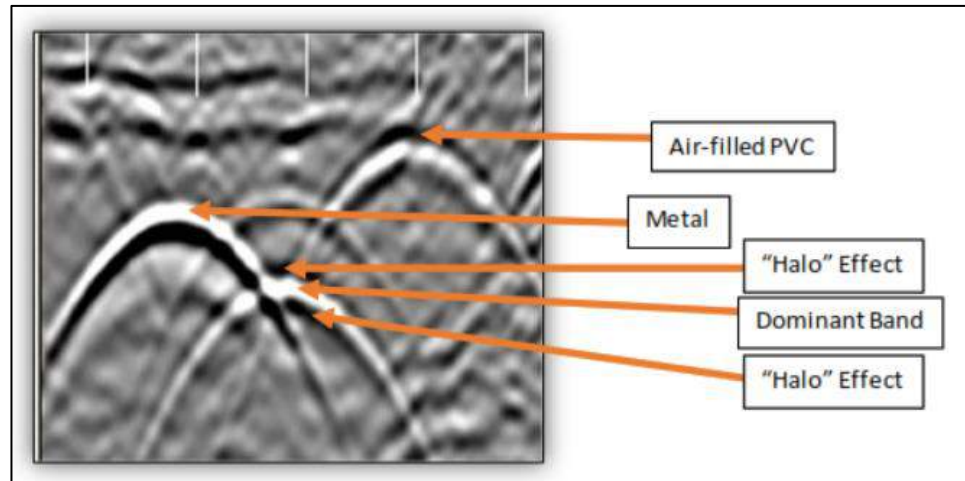
3.6. Interpretasi Data Metode GPR

Berdasarkan *Utility Locating Handbook* (GSSI, 2016), perbedaan konduktivitas elektrik antar material yang kita *scan*, target akan mempengaruhi kecerahan dari refleksi. Metal akan menampilkan refleksi yang sangat cerah karna ke-konduktif-annya. Metal akan mengembalikan sinyal kecil berlebih dari yang dibebankan. Sedangkan non metal, target non konduktif, akan hanya mengembalikan energi ter-refleksi. Pada metal, walaupun setipis aluminium foil, tetap sebagai reflektor energi radar. Refleksi dari metal akan jelas terlihat, namun target di belakangnya akan kurang terdeteksi.

Tabel 3. Perbandingan kontras dielektrik dan kekuatan refleksi beberapa medium (GSSI, 2016)

Batas Lapisan	Kontras Dielektrik	Kekuatan Refleksi
<i>Sand - Soil</i>	Menengah	Menengah
<i>Soil - Damp Sand</i>	Rendah	Lemah
<i>Clay - Air</i>	Tinggi	Kuat
<i>Dry Sand - Granite</i>	-	Tidak ada refleksi
<i>Soil - Metal</i>	Tinggi	Kuat
<i>Soil - Water</i>	Tinggi	Kuat
<i>Soil - Empty Nonmetal</i>	Rendah - Menengah	Lemah

Reflection Polarity, digambarkan dalam dua bentuk: positif dan negatif (putih dan hitam). Refleksi yang negatif menjelaskan bahwa kecepatan gelombang radar telah mengenai suatu objek. Dalam survei utilitas, hasil ini menggambarkan bahwa hiperbola merefleksikan PVC berisi udara atau *void* udara. Refleksi yang positif menjelaskan bahwa gelombang radar melambat. Dalam survei utilitas hal ini biasanya berarti refleksi dari objek metal, kemungkinan merupakan kabel elektrik, pipa air, pipa gas, dll.



Gambar 13. *Reflection Profiling* Metal dan PVC.

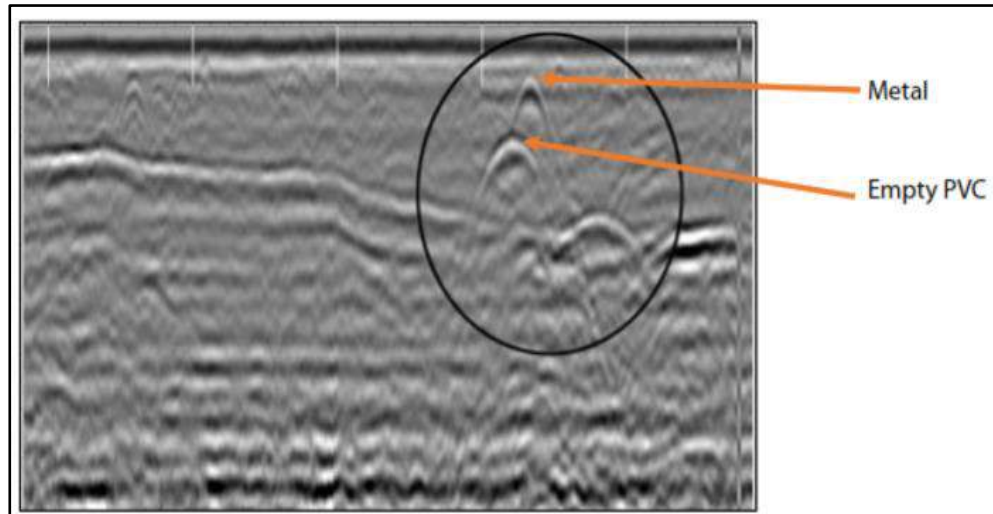
Bentuk hiperbola menandakan antenna telah mengenai target lalu kembali menjauh. Refleksi hiperbola terkadang bisa terlihat sebagai gangguan, namun faktanya bisa membantu analisa dengan membuat target yang kecil sekalipun tetap terbaca.

Bentuk parabola bergantung pada 2 parameter:

- *Scan Density*, semakin kecil menghasilkan parabola semakin lebar.
- *Radar Wave Velocity*, semakin besar (dielektrik semakin rendah) menghasilkan hiperbola semakin luas.

Objek metal menghasilkan refleksi yang kuat. Sebaliknya, pipa PVC (non metal) akan merefleksikan bentuk yang sama dengan amplitudo yang rendah. Saluran PVC dengan kabel elektrik di dalamnya dapat membentuk refleksi parabola yang tidak selalu melingkar sempurna.

Ukuran pipa dapat diestimasi dari kekuatan refleksi pada kekuatan perbandingan, tapi tidak dapat diperkirakan secara akurat.



Gambar 14. Refleksi pipa metal dan PVC (GSSI, 2016).

Saluran pipa PVC atau non metal menghasilkan amplitudo hiperbola rendah pada *soil* dengan bentuk yang sama dengan hiperbola dari target metal. PVC hampir transparan, sehingga target di dalamnya bisa tetap terlihat. Saluran pipa dengan beberapa kabel dapat menghasilkan beberapa parabola yang tercampur, terlihat seperti hancur sehingga bentuknya tidak seperti bentuk satu pipa.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat penelitian akan dilaksanakan pada:

Waktu : 4 April – 9 Juli 2021 & 16 Agustus – 25 November 2021

Tempat : PT. Abhinaya Mappindo Bumitala

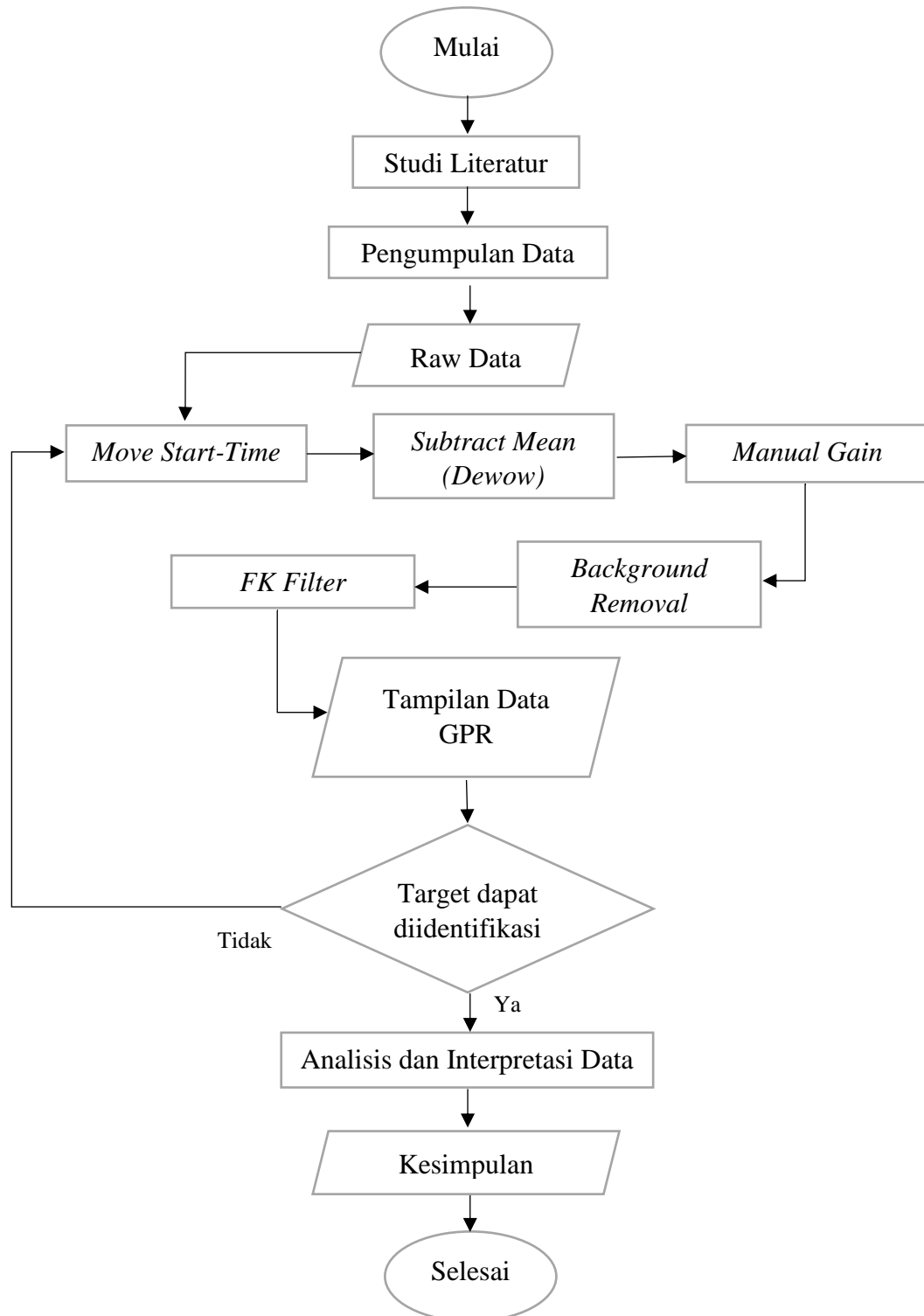
4.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. Data Sekunder (UTSI) 100 MHz dan 200 MHz
3. *Software ArcGIS* 10.6.1
4. *Software ReflexW* 7.2.3

4.4. Diagram Alir

Adapun diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 15. Diagram Alir.

4.5. Prosedur Penelitian

Prosedur percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

5.1.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada tahapan awal untuk mengetahui lebih lanjut metode GPR ini dan mempelajari data-data yang berkaitan dengan penelitian, seperti tinjauan pusta daerah penelitian dan teori dasar sehingga dapat mempermudah dalam penelitian ini. Pada tahapan studi literatur, penulis mempelajari lokasi daerah penelitian, informasi jalan, dan informasi akuisisi data yang telah dilakukan pada daerah penelitian, serta teori mengenai metode GPR itu sendiri.

5.1.2. Pengumpulan Data

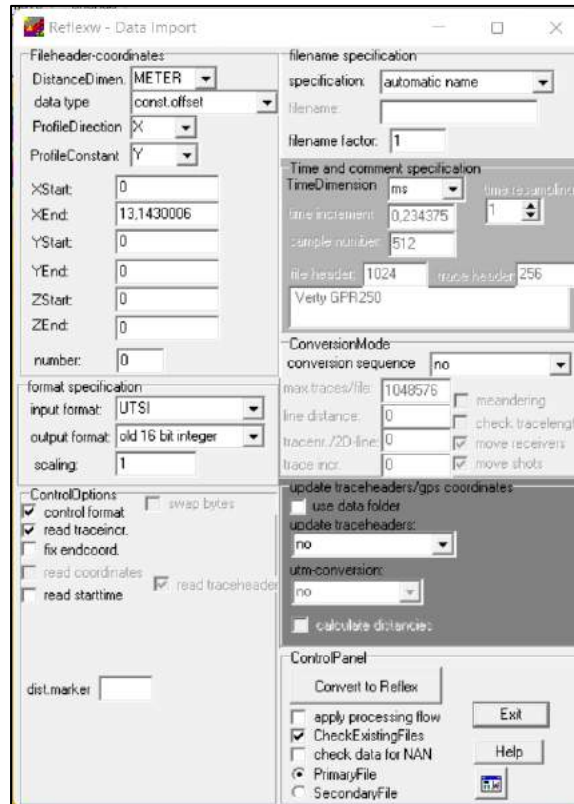
Pada tahapan pengumpulan data, data yang diperlukan untuk memulai penelitian ini penulis kumpulkan, seperti data penelitian, peta jaringan utilitas, metode deteksi yang dilakukan, dan peta lintasan akuisisi. Karena tahap akuisisi data dilakukan oleh instansi, kelengkapan data menjadi hal yang sangat diperhatikan.

5.1.3. Pengolahan Data

Proses pengolahan data GPR pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan, adapun tahapan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

a. *Input Data*

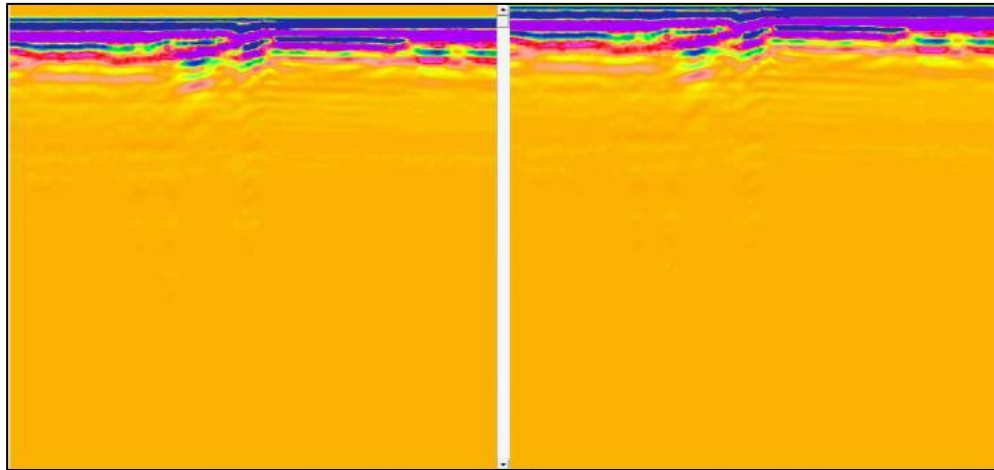
Tahap ini dilakukan sebelum melakukan *processing* mendalam, spesifikasi format data penelitian disesuaikan dengan *software* sebelum data di *convert*. Hal yang diatur di sini adalah *input format* yakni format UTSI dengan *old 16 integer* dan *time dimension* yakni *nanosecond (ns)*.



Gambar 16. Tahap pengaturan *input data*.

b. *Move Start-Time*

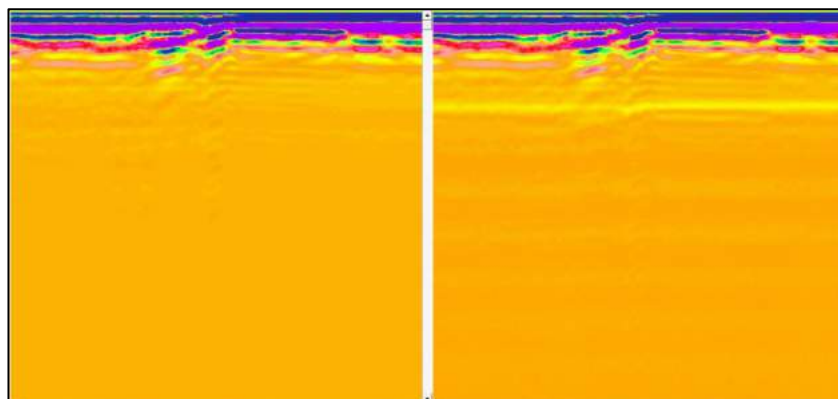
Koreksi ini dilakukan untuk mengembalikan waktu tiba pertama gelombang pada kontras lapisan pertama yang ditemukan berdasarkan waktu *first-break*, sehingga nilai kedalaman menjadi lebih akurat. Untuk nilai yang di masukan dapat memperhatikan kolom *trace* dan dengan memasukkan nilai minus agar memotong *trace* yang ingin dipotong. *Move Start-Time* termasuk kedalam jenis *Static Correction/Muting*.



Gambar 17. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan *move start-time*.

c. *Subtract Mean (Dewow)*

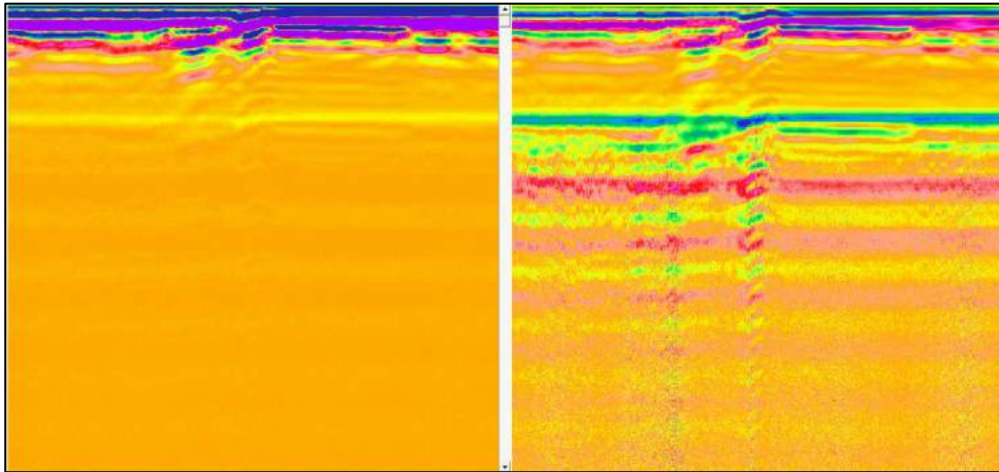
Langkah ini dilakukan untuk menghilangkan frekuensi yang sangat rendah (*wow*) yang terekam oleh alat. *Wow* muncul akibat terjadinya instrumen yang mengalami saturasi oleh nilai amplitudo yang besar dari gelombang langsung (*direct wave*) dan gelombang udara. Nilai parameter yang digunakan dapat memperhatikan gelombang *spectrum* dengan hasil *filtered spectrum* masih menyerupai *original spectrum*. *Subtract Mean (Dewow)* termasuk ke dalam tipe 1D *filter*.



Gambar 18. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan *subtract mean (dewow)*.

d. *Manual Gain*

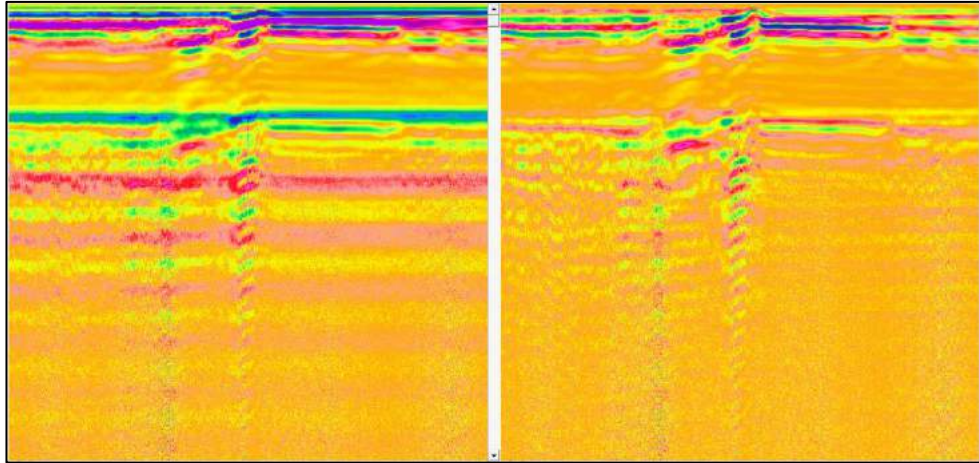
Proses ini bertujuan untuk menguatkan sinyal amplitudo yang hilang seolah-olah di setiap titik energinya sama secara *manual*. *Gain* tipe ini akan memperjelas hasil pengukuran sesuai keperluan.



Gambar 19. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan manual gain,.

e. *Background Removal*

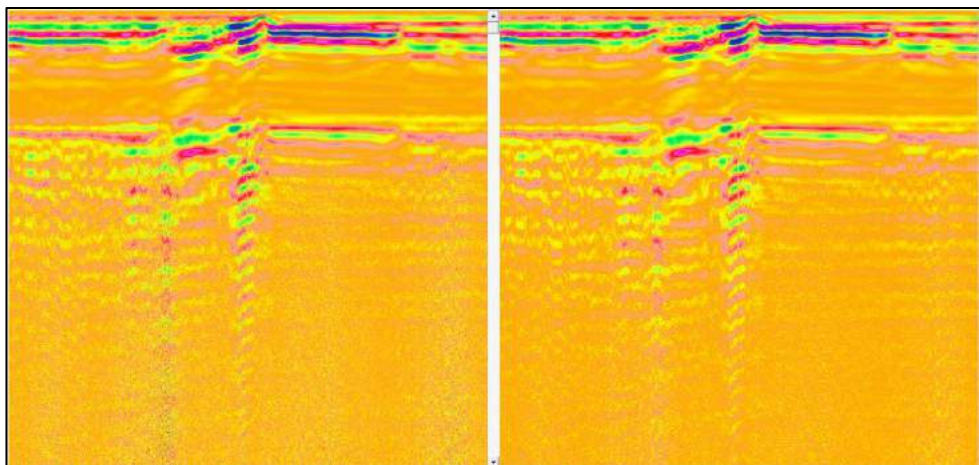
Proses ini berguna untuk mengeliminasi *noise* koheren yang muncul dengan *filter* sederhana. Hal ini perlu dilakukan untuk menghilangkan efek gelombang elektromagnetik yang terjadi di dalam bumi dari data pengukuran yang terekam. *Background Removal* termasuk ke dalam *2D filter*.



Gambar 20. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan background removal.

f. *FK Filter*

Filter ini digunakan untuk meresolusi struktur dengan naik turunnya gelombang yang ada dengan melepas frekuensi yang lebih tinggi atau lebih rendah pada sinyal, digunakan pada domain waktu dan berpindah. Setelah dilakukan filter ini, hasil yang tampak akan lebih halus. Nilai parameter yang digunakan disesuaikan dengan *windows* yang muncul dengan titik *kx* dan *frequency* membentuk trapesium.



Gambar 21. Data X01C1 250 MHz sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan FK filter.

5.1.4. Analisis dan Interpretasi Data

Pada prosedur ini, hasil pemrosesan data disajikan tahap akhirnya dengan hasil identifikasi sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Data pendukung untuk penjelasan tersebut dapat dibantu menggunakan tinjauan pustaka, teori dasar, maupun metodologi penelitian.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Dari hasil radargram, diidentifikasi masing-masing utilitas memiliki bentuk pola refleksi tersendiri, seperti bentuk parabola lemah dengan parabola kuat garis terputus yang menunjukkan kabel *power*, dua bentuk parabola yang tidak terlalu kuat menunjukkan *fiber optic* dan pipa PDAM atau pipa PGN yang dicirikan dengan bentuk parabola kuat, perbedaan medium dalam pipa tersebut yang memungkinkan untuk dibedakan.
2. Resume kedalaman masing-masing utilitas yakni didapat bahwa kabel *power* diperkirakan berada pada rentang kedalaman 0,3 sampai 3 meter. *fiber optic* diperkirakan pada rentang kedalaman 0,4 – 0,75, pipa PDAM pada rentang kedalaman 1,7 sampai 2,5 meter, dan pipa PGN hanya pada kedalaman 2,5 meter di sumbu X04C2.

6.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, apabila ingin mendapatkan hasil yang lebih baik, penulis menyarankan agar menggabungkan metode yang digunakan ini dengan metode lainnya, agar keterbatasan dari Metode *Ground Penetrating Radar* ini bisa ter-cover dengan metode tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Annan, P. (2001). *Ground Penetrating Radar: Workshop Notes*. Sensors & Software, Inc. Canada.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2013). *Proyeksi Penduduk Indonesia*. Buku. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kota Jakarta Utara. (2020). *Kota Administrasi Jakarta Utara dalam Angka*. Buku. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Bahri, Ayi Syaeful, Supriyanto, Sentosa, B. J. (2009). Penentuan Karakteristik Dinding Gua Seropan Gunung Kidul dengan Metode Ground Penetrating Radar. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–12.
- Di Prinzio, Monica, Bittelli Marco, Castellarin, Attilio, Pisa, Paola Rossi. (2010) Application of GPR to the Monitoring of River Embankments. *Journal of Applied Geophysics*, 71, 53-61.
- GSSI. (2016). *Utility Locating Handbook*. Buku. Geophysical Survey Systems, Inc. New Hampshire, USA.
- Kunz, K.S., & Luebbers, R.J. (1993). *The Finite Time Domain Method For Electro Magnetism*. Buku. CRC Press.
- Lane, J. W., Haeni, F. P., & Versteeg, R. (1998). Use of a Multi-Offset Borehole-Radar Reflection Method in Fractured Crystalline Bedrock at Mirror Lake, Grafton County, New Hampshire. *Environmental and Engineering Geophysical Society*. May, 359–368.
- Lehmann, F., & Green, A. G. (1999). Semiautomated Georadar Data Acquisition in Three Dimension. *Geophysics*, 64(3), 719–731.
- Musset, A. E., & Khan, M. A. (1993). *Looking Into the Earth*. Buku. Cambridge University Press.
- Peta Tematik Indonesia. (2013). *Administrasi Kota Jakarta Utara*. Internet. <https://petatematikindo.wordpress.com/2013/06/09/administrasi-kota-jakarta-utara/>
- Rasimeng, S., Mandang, I., & Suharno. (2019). Identification of Eroded Sediment Layer Thickness and Depth of Mahakam River at Tenggarong Bridge Area, Kutai Kartanegara East Kalimantan using Ground Penetrating Radar Method. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 279.

- Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics* (2nd Editio). Wiley-Blackwell.
- Supriyanto. (2007). *Perambatan Gelombang Elektromagnetik*. Buku. FMIPA Universitas Indonesia. Depok.
- Yulius, Yudi, Wahyu, Yuyu, & Oktafiani, Folin. (2010). Studi Pemrosesan dan Visualisasi Data *Ground Penetrating Radar*. *INKOM Jurnal Informatika, Sistem Kendali, dan Komputer*.