



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF184838

## **IDENTIFIKASI PIPA GAS DI LAPANGAN TR, KOTA GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR (GPR)**

TAUFIK RAMADHAN  
NRP 03411440000057

**Dosen Pembimbing I**  
Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001

**Dosen Pembimbing II**  
M. Singgih Purwanto, S.SI, MT  
NIP. 19800916 200912 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2021





TUGAS AKHIR - RF184838

## **IDENTIFIKASI PIPA GAS DI LAPANGAN TR, KOTA GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR (GPR)**

TAUFIK RAMADHAN  
NRP 03411440000057

**Dosen Pembimbing I**  
Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001

**Dosen Pembimbing II**  
M. Singgih Purwanto, S.SI, MT  
NIP. 19800916 200912 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2021

*Halaman sengaja dikosongkan*



**UNDERGRADUATE THESIS - RF184838**

**IDENTIFICATION OF GAS PIPELINES IN TR FIELD, GRESIK  
CITY USING GROUND PENETRATING RADAR (GPR)  
METHOD**

TAUFIK RAMADHAN  
NRP 0341144000057

***Supervisor I***

Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001

***Supervisor II***

M. Singgih Purwanto, S.SI, MT  
NIP. 19800916 200912 1 002

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL, PLANNING, AND GEO ENGINEERING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2021

*Halaman sengaja dikosongkan*

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul " Identifikasi Pipa Gas di Lapangan TR, Kota Gresik dengan Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR)" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi yang sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 28 Juni 2021

Taufik Ramadhan  
NRP. 03411440000057

*Halaman sengaja dikosongkan*



## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

dTugas akhir ini diajukan oleh

Nama : Taufik Ramadhan  
NRP : 03411440000057  
Departemen : Teknik Geofisika  
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Pipa Gas di Lapangan TR, Kota  
Gresik dengan Menggunakan Metode *Ground  
Penetrating Radar* (GPR).

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 18 Agustus 2021

1.

  
.....  
**Dr. Dwa Desa Warnana**  
NIP. 19760123 200003 1 001

(Pembimbing I)

2.

  
.....  
**M. Singih Purwanto, S.Si, MT**  
NIP. 19800916 200912 1 002

(Pembimbing II)

3.

  
.....  
**Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si, MT**  
NIP. 19890612 201504 1003

(Penguji I)

4.

  
.....  
**Nita Ariyanti, S.T., M.Eng.**  
NUP. 9990282912

(Penguji II)

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surab

  
**Dr. Dwa Desa Warnana**  
NIP. 19760123 200003 1 001  
DEPARTEMEN  
TEKNIK GEOFISIKA

*Halaman sengaja dikosongkan*

# **IDENTIFIKASI PIPA GAS DI LAPANGAN TR, KOTA GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR (GPR)**

Nama : Taufik Ramadhan  
NRP : 0341144000057  
Dosen Pembimbing : Dr. Dwa Desa Warnana  
M. Singgih Purwanto, S.SI, MT

## **ABSTRAK**

*Ground Penetrating Radar* adalah metoda geofisika yang dikembangkan sebagai salah satu metode alternatif untuk penelitian geologi bawah permukaan dangkal yang menggunakan prinsip dari gelombang elektromagnetik (EM) dan memiliki hasil yang rinci. Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) digunakan karena memiliki resolusi yang tinggi dan tidak bersifat merusak. Prinsip GPR memanfaatkan pantulan gelombang elektromagnetik untuk menunjukkan perbedaan konstanta dielektrik lapisan. Penelitian ini dilakukan di lapangan TR, daerah Gresik dengan menggunakan 26 lintasan yang diolah dengan menggunakan software MAT-GPR dimana akan dilalui berbagai proses seperti *Basic Handling, Filtering* dan *Imaging*). Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa hasil pengukuran georadar dapat menunjukkan keberadaan pipa di bawah permukaan melalui identifikasi anomali hiperbola pada setiap lintasan, namun ada beberapa lintasan yang tidak dapat terlihat dengan jelas anomaly pipa gas nya. Hal ini dikarenakan tidak terlihatnya anomali hiperbola dan karena tertutup oleh barrier beton diatasnya.

Kata kunci : GPR, Mat-GPR, Gresik, Konstanta dielektrik

***Halaman sengaja dikosongkan***

# **IDENTIFICATION OF GAS PIPE AT FIELD TR, GRESIK CITY USING GROUND PENETRATING RADAR (GPR) METHOD**

Name : Taufik Ramadhan  
NRP : 03411440000057  
Department : *Geophysical Engineering*  
Supervisor : Dr. Dwa Desa Warnana  
M. Singgih Purwanto, S.SI, MT

## **ABSTRACT**

*Ground Penetrating Radar is a geophysical method developed as an alternative method for shallow subsurface geological research that uses the principle of electromagnetic waves (EM) and has detailed results. The Ground Penetrating Radar (GPR) method is used because it has a high resolution and is non-destructive. The GPR principle utilizes the reflection of electromagnetic waves to show differences in the dielectric constant of the layers. This research was conducted using 26 paths that were processed using MAT-GPR software where various processes such as Basic Handling, Filtering and Imaging will be used. Based on the research results, it is known that the results of georadar measurements can indicate the presence of pipes below the surface through the identification of hyperbolic anomalies on each path, but there are some lines that the pipe anomaly cannot be clearly seen. This is because the hyperbolic anomaly is not visible and because it is covered by a concrete barrier above it.*

*Keywords: GPR(Ground Penetrating Radar), MAT-GPR, Gresik, Dielectric constant*

*Halaman sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul “Identifikasi Pipa Gas di Lapangan TR, Kota Gresik dengan Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR)” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik, tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, banyak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, Aldi dan semua keluarga besar berkat dukungan moril maupun materi selama menjalani tugas akhir ini.
2. Dr. Dwa Desa Warnana selaku ketua Departemen Teknik Geofisika ITS.
3. Bapak Dr. Dwa Desa Warnana dan M. Singgih Purwanto, S.SI, MT selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahnya.
4. PPLS, sebagai institusi yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir.
5. Bapak Alwi Husein sebagai pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
7. Panji, Zaid, Putra selaku teman-teman satu bimbingan Tugas Akhir Bapak Dr. Dwa Desa Warnana atas supportnya.
8. Teman-teman group Discord Tsany, Farel, Karim, Danang yang selalu ada saat dibutuhkan.
9. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2014 dan Keluarga besar Teknik Geofisika ITS atas semangat dan dukungannya dan semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu

Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pribadi dan pembaca.

Surabaya, 24 Agustus 2021

Taufik Ramadhan

*Halaman sengaja dikosongkan*



## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah.....	1
1.4. Tujuan Penelitian.....	1
1.5. Manfaat.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Geologi Regional.....	3
2.2. Persamaan Maxwell .....	4
2.3. Prinsip Dasar Geo Penetrating Radar (GPR) .....	6
2.3.1. <i>Kecepatan Gelombang Radar</i> .....	6
2.3.2. <i>Atenuasi Gelombang Radar</i> .....	7
2.4. Metoda GPR.....	9
2.5. Kedalaman Penetrasi GPR .....	11
2.6. Penelitian Terdahulu.....	12
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>15</b>
3.1. Peta Penelitian .....	15
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	17

3.3. Pengolahan Data.....	19
3.4. Peralatan .....	30
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Analisis dan Pembahasan Lintasan 1 .....	31
4.2. Analisis dan Pembahasan Lintasan 2 .....	32
4.3. Analisis dan Pembahasan Lintasan 3 .....	33
4.4. Analisis dan Pembahasan Lintasan 4 .....	34
4.5. Analisis dan Pembahasan Lintasan 5 .....	34
4.6. Analisis dan Pembahasan Lintasan 6 .....	35
4.7. Analisis dan Pembahasan Lintasan 7 .....	36
4.8. Analisis dan Pembahasan Lintasan 8 .....	37
4.9. Analisis dan Pembahasan Lintasan 9-12.....	38
4.10. Analisis dan Pembahasan Lintasan 13-16 .....	39
4.11. Analisis dan Pembahasan Lintasan 17.....	40
4.12. Analisis dan Pembahasan Lintasan 18.....	41
4.13. Analisis dan Pembahasan Lintasan 19.....	42
4.14. Analisis dan Pembahasan Lintasan 20.....	43
4.15. Analisis dan Pembahasan Lintasan 21.....	45
4.16. Analisis dan Pembahasan Lintasan 22.....	46
4.17. Analisis dan Pembahasan Lintasan 23.....	47
4.18. Analisis dan Pembahasan Lintasan 24.....	48
4.19. Analisis dan Pembahasan Lintasan 25.....	49
4.20. Analisis dan Pembahasan Lintasan 26.....	50
4.21. Hasil Pemetaan Interpretasi Jalur Pipa .....	54

<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>59</b>
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>63</b>

*Halaman sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Fisiografi Pulau Jawa bagian timur (Van Bemmelen, 1949 dengan modifikasi). .....	3
Gambar 2.2. Jejak sinyal dari <i>transmitter</i> menbrak material di bawah permukaan A adalah <i>direct airwave</i> , G adalah <i>direct ground wave</i> , dan R adalah gelombang refleksi, dan C adalah gelombang refraksi (Arisona, 2009). .....	8
Gambar 2.3. Komponen/peralatan GPR GSSI 3000. ....	9
Gambar 2.4. Diagram kerja <i>GPR</i> (Arisona, 2009) .....	10
Gambar 2.5. SIR 3000 400 MHz .....	12
Gambar 3.1. Peta daerah penelitian .....	15
Gambar 3.2 Peta Lintasan GPR .....	16
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	17
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan data menggunakan MAT-GPR. ....	19
Gambar 3.5 Trace Viewer, digunakan untuk memilih sinyal yang akan di potong.....	20
Gambar 3.6 Hasil lintasan 22 setelah Adjust Signal Position.....	21
Gambar 3.7 Hasil setelah proses <i>Dewow Filter</i> .....	22
Gambar 3.8 Model atenuasi pada proses <i>Inverse Amplitude Decay</i> .....	23
Gambar 3.9 Hasil setelah dilakukan proses <i>Inverse Amplitude Decay</i> .....	24
Gambar 3.10 Hasil setelah dilakukan proses <i>Remove Global Background</i> .....	25
Gambar 3.11 Hasil setelah dilakukan <i>Mean Spatial Filter 1x3</i> ...	26
Gambar 3.12 Window untuk memilih sinyal yang diinginkan ....	27
Gambar 3.13 Window untuk memasukan parameter <i>eigenvectors</i> .....	28
Gambar 3.14 Hasil setelah dilakukan <i>Karhunen Loeve Filter</i> .....	28
Gambar 3.15 Window untuk memasukan kecepatan lapisan .....	29

Gambar 3.16 Hasil setelah dilakukan Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D time to depth conversion</i> .....	30
Gambar 4.1 Hasil Interpretasi Lintasan 1 .....	31
Gambar 4.2 Hasil Interpretasi Lintasan 2 .....	32
Gambar 4.3 Hasil Interpretasi Lintasan 3 .....	33
Gambar 4.4 Hasil Interpretasi Lintasan 4 .....	34
Gambar 4.5 Hasil Interpretasi Lintasan 5 .....	35
Gambar 4.6 Hasil Interpretasi Lintasan 6 .....	36
Gambar 4.7 Hasil Interpretasi Lintasan 7 .....	37
Gambar 4.8 Hasil Interpretasi Lintasan 8 .....	38
Gambar 4.9 Hasil Interpretasi Lintasan 9-12 .....	39
Gambar 4.10 Hasil Interpretasi Lintasan 13-16 .....	40
Gambar 4.11 Hasil Interpretasi Lintasan 17 .....	41
Gambar 4.12 Hasil Interpretasi Lintasan 18 .....	42
Gambar 4.13 Hasil Interpretasi Lintasan 19 .....	43
Gambar 4.14 Hasil Interpretasi Lintasan 20 .....	44
Gambar 4.15 Hasil Interpretasi Lintasan 21 .....	45
Gambar 4.16 Hasil Interpretasi Lintasan 22 .....	46
Gambar 4.17 Hasil Interpretasi Lintasan 23 .....	47
Gambar 4.18 Hasil Interpretasi Lintasan 24 .....	49
Gambar 4.19 Hasil Interpretasi Lintasan 25 .....	50
Gambar 4.20 Hasil Interpretasi Lintasan 26 .....	51
Gambar 4.21 Peta Plan View daerah penelitian.....	53
Gambar 4.22 Peta Interpretasi Jalur Pipa daerah Penelitian .....	55
Gambar 4.23 Peta Interpretasi Jalur Pipa Lintasan 1-12.....	56
Gambar 4.24 Peta Interpretasi Jalur Pipa Lintasan 13-21 .....	57
Gambar 4.25 Peta Interpretasi Jalur Pipa Lintasan 22-26.....	58

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Nilai Parameter Fisis dari beberapa material (Annan, 2003) .....	8
--	---

*Halaman sengaja dikosongkan*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Ground Penetrating Radar (GPR) adalah suatu metode Geofisika yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk memetakan kondisi bawah permukaan. Metode ini bersifat ramah lingkungan karena tidak bersifat destruktif. GPR mempunyai rentang frekuensi antara 10 – 1000 MHz (Syukur, 2009). Selain itu, metode GPR sangat baik dalam memetakan kondisi dekat permukaan atau dapat dikategorikan sebagai shallow method karena penetrasinya dari 0.1 – 50m (sesuai antena yang digunakan) di bawah permukaan tanah sehingga efektif dalam menentukan secara detail kondisi bawah permukaan dengan kedalaman yang rendah (< 50m).

Secara umum peralatan GPR terdiri dari dua komponen utama yaitu peralatan pemancar gelombang radar (transmitter) dan peralatan penerima pantulan/ refleksi gelombang radar (tranceiver). Sistem yang digunakan adalah merupakan sistem aktif dimana dilakukan ‘penembakan’ pulsa-pulsa gelombang elektromagnetik (pada interval gelombang radar) untuk kemudian dilakukan perekaman intensitas gelombang radar yang berhasil dipantulkan kembali ke permukaan (Quan, Y., Harris, Y. M., 1997). Akuisisi data di lapangan TR, Kota Gresik dilakukan dengan menggunakan control unit SIR3000 frequency 400 MHz, Setelah dilakukan akuisisi data, maka akan di proses di software MAT-GPR dengan *basic handling, filtering, dan imaging*. Hasilnya diharapkan bisa mengidentifikasi anomali pipa gas di daerah tersebut.

### 1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil identifikasi anomaly pipa gas di lapangan TR di kota Gresik, Jawa Timur berdasarkan metode GPR dengan perangkat lunak MAT-GPR

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada lapangan TR di daerah Gresik
2. Pengukuran dilakukan dengan metode GPR

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi anomaly pipa gas di lapangan TR di kota Gresik, Jawa timur dengan metode GPR dan perangkat lunak MAT-GPR

## **1.5. Manfaat**

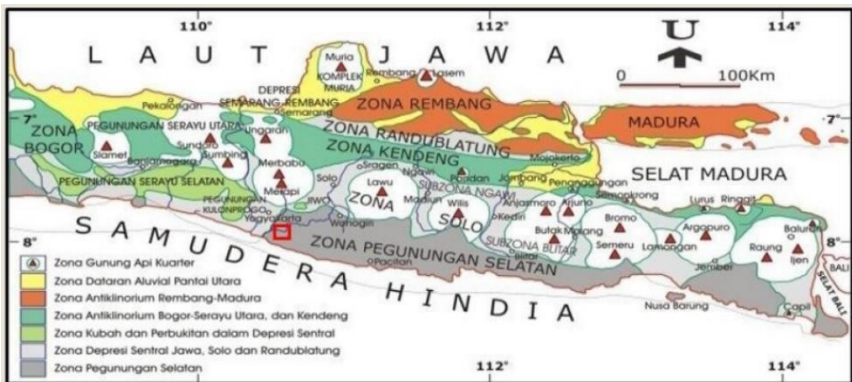
Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menjadi rujukan untuk penelitian lain dengan topik yang sama guna kemajuan riset dalam identifikasi anomaly pipa gas secara umum
2. Untuk menjadi pertimbangan pembangunan jalan di lapangan TR kota Gresik Jawa Timur dengan mengetahui dimana anomaly pipa gas berada.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Geologi Regional

Kota Gresik mempunyai posisi yang strategis berada antara 7° LS - 8° LS dan 112° BT - 133° BT. Sebagian besar wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian antara 0-12 meter diatas permukaan laut kecuali sebagian kecil di bagian utara (Kecamatan Panceng) mempunyai ketinggian sampai 25 meter diatas permukaan laut. Batas wilayah kota Gresik, sebelah utara adalah laut Jawa, sebelah timur adalah selat madura dan Kota Surabaya, sebelah selatan adalah Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Mojokerto dan sebelah barat adalah Kabupaten Lamongan.



Gambar 2.1 Fisiografi Pulau Jawa bagian timur (Van Bemmelen, 1949 dengan modifikasi).

Menurut Van Bemmelen (1949), fisiografi Pulau Jawa khususnya Jawa Timur terbagi menjadi 5 zona, yaitu Zona Rembang, Zona Randublatung, Zona Kendeng, Zona Solo, dan Zona Pegunungan Selatan. Gambar 2.1 menunjukkan pembagian fisiografi Jawa Timur menurut Van Bemmelen (1949):

1. Zona Rembang terbentang dari Rembang menerus ke arah timur hingga Madura. Zona ini merupakan antiklinorium dengan elevasi permukaan maksimal berkisar 500 meter diatas permukaan air laut (MDPL). Di bagian utara, zona ini berbatasan langsung dengan pantai utara dan di sisi selatan berbatasan langsung dengan Zona Randublatung.
2. Zona Randublatung merupakan zona sinklinal yang memisahkan Zona Randublatung dengan Zona Kendeng. Zona ini terbentang dari Semarang hingga Wonokromo, Surabaya.

3. Zona Kendeng merupakan antiklinorium yang memiliki ketinggian hingga 500 MDPL. Zona ini terbentang dari selatan Semarang hingga Mojokerto. Elevasi dan lebar dari Zona Kendeng ini mulai berkurang secara signifikan di sebelah timur Gunung Pandan.
4. Zona Solo merupakan pemisah antara Zona Kendeng dengan Zona Pegunungan Selatan. Zona ini tersusun atas jajaran gunungapi muda yang terbentang dari Solo hingga ujung timur pulau Jawa. Tumbukan lempeng Australia dengan lempeng Eurasia memicu aktivitas vulkanik yang membentuk zona ini. Pada dasarnya zona ini terdiri atas tiga sub-zona, yaitu Sub-zona Ngawi, Sub-Zona Pegunungan Kuarter, Sub-zona Blitar.
5. Zona Pegunungan Selatan berada di bagian selatan Jawa Timur. Terbentang dari Yogyakarta hingga Lumajang. Zona ini didominasi oleh bentang alam karst yang membentuk perbukitan dan pegunungan.

Daerah penelitian merupakan daerah dengan kondisi geologi berupa endapan aluvium (Qa) yang didominasi oleh lempung (Gambar 2.1). Endapan aluvium ini terbentuk pada masa Holosen yang berbatasan langsung dengan Laut Selat Madura. Endapan sedimen sepanjang Selat Madura dibentuk oleh endapan pantai yang masuk ke daratan sampai  $\pm 5$  km. Endapan pantainya terdiri dari lempung lanau dan lempung kelanauan, sisipan tipis-tipis yang pada umumnya mengandung banyak kepingan kerang di beberapa tempat (Bahri dan Madlazim, 2012).

## **2.2. Persamaan Maxwell**

Gelombang mekanik, yaitu gelombang yang penjarannya memerlukan medium atau adanya gangguan pada medium yang akan dijalarkan gelombang. Gelombang ini diantaranya gelombang air, gelombang tali dan gelombang suara.

Gelombang elektromagnetik yang selanjutnya disingkat gelombang EM adalah gelombang yang menjalarnya tak perlu medium. Dasar dari gelombang EM adalah teori-teori listrik dan magnet yang kemudian diringkas menjadi sekumpulan persamaan yang disebut persamaan Maxwell. Salah satu persamaan Maxwell memprediksi bahwa perubahan waktu terhadap medan listrik akan menghasilkan medan magnet, seperti halnya adanya perubahan medan magnet yang menghasilkan medan listrik (hukum Faraday). Dari dasar ini Maxwell mengawali suatu konsep bahwa arus displacement merupakan sumber dari medan magnet. Dengan demikian teori Maxwell menyediakan hubungan penting antara medan listrik dengan medan magnet.

Pada awalnya Maxwell memprediksi bahwa gelombang EM menjalar dengan kecepatan jalar seperti kecepatan jalar cahaya. Penaksiran ini dibuktikan oleh Hertz secara eksperimen, dan dia merupakan orang pertama yang meneliti gelombang EM. Penemuan ini telah mengawali beberapa ilmu tentang sistem

komunikasi seperti radio, televisi dan radar. Pada tingkat konseptual, Maxwell menggabungkan masalah cahaya dan gelombang EM, kemudian membangun ide bahwa cahaya adalah bentuk dari radiasi elektromagnetik. Gelombang EM dibentuk oleh muatan listrik yang dipercepat. Gelombang diradiasi terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus dan juga kedua duanya tegak lurus arah penjarannya. Dengan demikian gelombang EM adalah gelombang transversal. Oleh Maxwell ditunjukkan bahwa amplitudo-amplitudo medan listrik dan medan magnet ( $E$  &  $B$ ) dalam gelombang EM mempunyai hubungan  $E = c B$ , dengan  $c$  adalah kecepatan cahaya (Hugenschmidt, J., Maser, K., Dawley, C. B., 1997).

Pada jarak yang cukup jauh dari sumber gelombang, amplitudo dari getaran medan akan mengecil terhadap jarak, sebagai perbandingan ( $1/r$ ). Gelombang EM juga mempunyai momentum dan energi sehingga dapat menghasilkan tekanan terhadap materi yang dijumpai. Gelombang EM mempunyai banyak frekuensi. Sebagai contoh gelombang radio adalah gelombang EM yang dihasilkan oleh osilasi arus di menara antenna radio. Pemancaran gelombang cahaya adalah bentuk frekwensi tinggi dari radiasi EM yang dihasilkan oleh osilasi elektron dalam sistem atom. Hukum hukum dasar dari medan listrik dan magnet mendasari persamaan-persamaan Maxwell. Persamaan ini merupakan unified teori dari EM.

Persamaan tersebut adalah :

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \tag{1}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \tag{2}$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = - \frac{d\phi_B}{dt} \tag{3}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{L} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \tag{4}$$

$B$  = Medan magnet (Tesla)

$E$  = Energi Magnetik

Penggabungan dari persamaan-persamaan diatas dapat diturunkan suatu bentuk persamaan gelombang EM. Untuk ruang hampa, solusi persamaan gelombang tersebut menghasilkan kecepatan jalar gelombang sebesar  $(\mu_0 \epsilon_0)^{1/2}$ , yang mana nilai ini sama dengan kecepatan jalar cahaya. Hasil ini mengawali Maxwell untuk memprediksi bahwa gelombang cahaya adalah bentuk radiasi gelombang. (Daniel, 1996)

## 2.3. Prinsip Dasar Geo Penetrating Radar (GPR)

### 2.3.1. Kecepatan Gelombang Radar

Dalam setiap perambatan gelombang dikenal istilah kecepatan (velocity). Kecepatan gelombang radar sangat bergantung pada konstanta dielektrik dari medium yang dilalui oleh gelombang tersebut (Alan E. Musset, M. Aftab Khan, 1999).

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

Dimana :

$v$  = kecepatan gelombang radio merambat dalam tanah (m/s)

$c$  = kecepatan cahaya (m/s)

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik relative

Dari persamaan diatas dapat didefinisikan bahwa ketika gelombang radar melalui material atau benda di bawah permukaan yang memiliki konstanta dielektrik yang tinggi, maka gelombang tersebut akan merambat dengan kecepatan yang lebih rendah dan sebaliknya. Sebagai contoh udara yang memiliki konstanta dielektrik 1 dan air yang memiliki konstanta dielektrik 80 memiliki kontras kecepatan yang sangat tinggi, dimana gelombang radar akan memiliki kecepatan yang lebih tinggi pada udara dibandingkan pada air. Adanya kontras konstanta dielektrik pada batas permukaan menyebabkan gelombang radar akan terpantulkan (terefleksikan) dengan koefisien refleksi:

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

**$R$  = koefisien refleksi**

**$\epsilon_1$  = konstanta dielektrik lapisan pertama**

**$\epsilon_2$  = konstanta dielektrik lapisan kedua**

(Daniel, 1996)

Besarnya penetrasi atau kedalaman yang dapat dicapai oleh gelombang radar sangat bergantung pada besar kecilnya 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 konduktif (Connor, Sanford, & MacNeil, 2005).

Penentuan frekuensi gelombang radar yang digunakan juga akan berpengaruh pada resolusi 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.

### 2.3.2. *Atenuasi Gelombang Radar*

Gelombang Elektromagnetik akan mengalami atenuasi dengan hamburan atenuasi yang dinyatakan sebagai koefisien atenuasi  $\alpha$  (Quan, Y., Harris, Y. M., 1997). Energi elektromagnetik akan menurun sesuai kedalaman dapat dinyatakan

$$E = E_0 e^{-\alpha_s r} \tag{7}$$

Keterangan:

E = Energi magnetic

$E_0$  = Energi magnetic awal

$\alpha_s$  = koefisien atenuasi

r = kedalaman

dan koefisien atenuasi adalah

$$\alpha_s = \frac{NA}{2} \tag{8}$$

Keterangan :

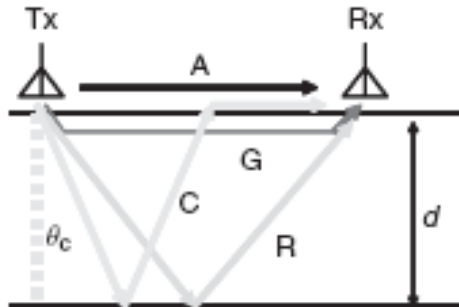
N = Jumlah unit

A = hamburan atenuasi

Koefisien refleksi (R) didefinisikan sebagai perbandingan energi yang dipantulkan dengan yang datang, nilainya (R) bergantung pada konstanta dielektrik relatif  $\epsilon$  lapisan 1 dan lapisan 2, adalah ukuran kapasitas dari sebuah material dalam hal ini melewati muatan saat medan elektromagnetik melewatinya.

Secara teknisnya saat pengukuran di lapangan, hasil praktis dari radiasi

gelombang elektromagnetik ke bawah permukaan untuk pengukuran GPR ditunjukkan dengan prinsip operasi dasar yang diilustrasikan pada Gambar 2.4 Gelombang elektromagnetik terpancar dari antenna pemancar, bergerak melalui material dengan kecepatan yang ditentukan terutama oleh permitivitas material. Gelombang menyebar keluar dan perjalanan ke bawah hingga menabrak objek yang berbeda sifat kelistrikkannya dari medium sekitarnya, tersebar dari obyek, dan kemudian terdeteksi oleh antenna penerima.



Gambar 2.2 Jejak sinyal dari *transmitter* menabrak material di bawah permukaan A adalah *direct airwave*, G adalah *direct ground wave*, dan R adalah gelombang refleksi, dan C adalah gelombang refraksi (Arisona, 2009).

Tabel 2.1 Nilai Parameter Fisis dari beberapa material (Annan, 2003)

Material	$\epsilon_0$	$\sigma$ (ms/s)	$v$ (m/s)	$\alpha$ (dB/m)
Udara	1	0	0.3	0
Air Distilasi	80	0.01	0.033	$2 \times 10^{-2}$
Air Murni	80	0.5	0.033	0.1
Air Laut	80	$3 \times 10^3$	0.01	$10^3$
Pasir Kering	3-5	0.01	0.15	0.01
Pasir Basah	20-30	0.1-1	0.06	0.03-0.3
Limestone	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1
Shale	5-15	1-100	0.09	1-100
Silt	5-30	1-100	0.07	1-100
Clays	5-40	2-1000	0.06	1-300
Granite	4-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Garam Kering	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Es	3-4	0.01	0.16	0.01



## 2.4. Metoda GPR

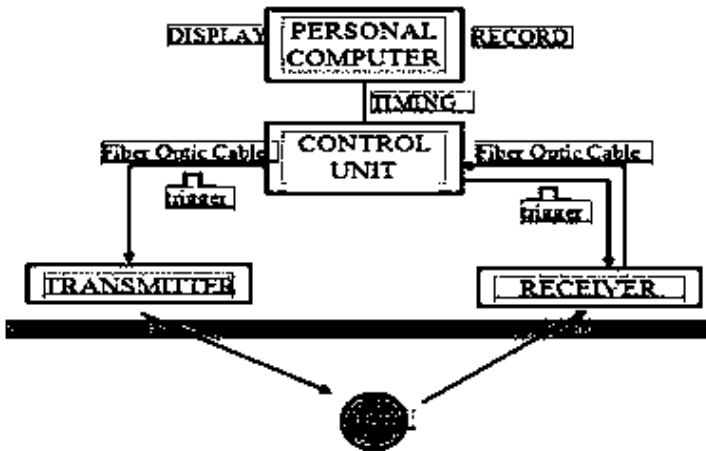
*Ground Penetrating Radar (GPR)* adalah salah satu metode survey untuk *soil*, bangunan dan kondisi bawah permukaan (dalam interval beberapa sentimeter hingga kedalaman 60 meter). Metode *GPR* ini menggunakan analisa refleksi/pantulan dari gelombang elektromagnetik yang dihasilkan akibat dari perbedaan sifat /konstanta dielektrik benda-benda di bawah permukaan.

Secara umum peralatan *GPR* terdiri dari dua komponen utama yaitu peralatan pemancar gelombang radar (*transmitter*) dan peralatan penerima pantulan/ refleksi gelombang radar (*tranceiver*). Sistem yang digunakan adalah merupakan sistem aktif dimana dilakukan ‘penembakan’ pulsa-pulsa gelombang elektromagnetik (pada interval gelombang radar) untuk kemudian dilakukan perekaman intensitas gelombang radar yang berhasil dipantulkan kembali ke permukaan (Quan, Y., Harris, Y. M., 1997).

*Ground Penetrating Radar (GPR)* terdiri dari *control unit*, *transmitter*, *receiver*, *note book*, kabel serat optik dan tambahan alat lain untuk *trigger*. Dengan frekuensi antenna yang bermacam-macam, seperti 25 MHz, 50 MHz, 100 Mhz, 2 00 MHz, 400 Mhz dan 1000 MHz.



Gambar 2.3 Komponen/peralatan *GPR* GSSI 3000



Gambar 2.4 Diagram kerja GPR (Arisona, 2009)

*Control unit* berfungsi sebagai pengatur pengumpulan data. Komputer memberikan informasi lengkap bagaimana prosedur yang harus dilakukan, dan saat sistem diaktifkan, *control unit* mengatur *transmitter* dan *receiver*. *Control unit* menyimpan data mentah dalam sebuah *buffer* sementara dan saat dibutuhkan, dapat diambil dan ditransfer ke komputer. *Transmitter* menghasilkan energi elektromagnetik dan mengirimnya pada daerah sekitar, khususnya ke dalam medium yang diobservasi. Energi dalam bentuk pulsa pada amplitudo tinggi (370 V) yang dipindahkan ke bagian antena.

*Receiver* mengkonversi sinyal yang diterima oleh antena menjadi nilai *integer*. Dalam unit *receiver* terdapat dua konektor optik, pertama digunakan untuk mentransfer sinyal terkontrol dari *control unit* (bertanda R) dan lainnya mengirim data yang diperoleh ke *control unit* (bertanda D). *Antenna receiver* menerima pulsa yang tidak terabsorpsi oleh bumi tetapi dipantulkan dalam domain waktu tertentu. 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.

Prinsip kerja GPR adalah *Transmitter* membangkitkan pulsa gelombang elektromagnetik pada frekuensi tertentu sesuai dengan karakteristik antena tersebut (10 Mhz-4Ghz). *Receiver* diset untuk melakukan scan yang secara normal mencapai 32 – 512 scan per detik. Setiap hasil scan ditampilkan pada layar monitor sebagai fungsi waktu *two-way time travel time*, yaitu waktu tempuh gelombang elektromagnetik menjaral dari *transmitter* – target – *receiver*. Tampilan ini disebut dengan radargram (Lane, J. W., Heni, F. P., Placzek, G.,

Wright, D., 1996).

## **2.5 Kedalaman Penetrasi GPR**

Bagaimanapun proses yang dilakukan pada data hasil rekaman, kedalaman dari GPR itu sendiri akan terbatas. Menurut Benson (1979), kedalaman penetrasi GPR sangat tergantung pada:

1. Frekuensi dari antenna GPR
2. Efisiensi dari radiasi antenna
3. Sifat-sifat kelistrikan dari lapisan batuan di bawah permukaan.

Berdasarkan studi kasus dalam hidrogeologi, dengan memakai antenna dengan frekuensi 80 MHz kedalaman penetrasi GPR hanya mencapai 20-70 kaki (Beres dan Haeni, 1991). Semakin besar sinyal yang terateunasi maka akan semakin dangkal pula kedalaman penetrasi dari GPR. Pada kondisi dimana terdapat lapisan es atau deposit garam, kedalaman penetrasi GPR dapat mencapai 5000 meter (Rittenhouse, 2008). Frekuensi yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah 400 MHz agar bisa mendapatkan kombinasi Kedalaman (0-4 meter) dan Vertikal Resolusi yang maksimum.

400 MHz - Utility Detection and Mapping	
The 400 MHz is ideally suited for detection and mapping of utility pipes, as well as shallow engineering and environmental applications.	
Center Frequency	400 MHz
Depth Range	0-12 ft (0-4 m)
Antenna Weight	11 lbs (5 kg)
Dimensions	12x12x6.5 in (30x30x17 cm)
Model	504005

SIR® 3000 Specifications	
<b>System</b>	
Antennas	Compatible with most GSSI antennas
Number of Channels	1 (one)
Data Storage	Internal memory: 2 GB Flash memory card Compact Flash port: Accepts CF memory up to 8 GB (using FAT 16 file format)
Display	Enhanced 8.4" TFT, 800x600 resolution, 64K colors
Display Modes	Linescan, O-scope, 3D
<b>Data Acquisition</b>	
Data Format	RADAN® (.dzt)
Scan Rate Examples	220 scans/sec at 256 samples/scan, 16 bit 120 scans/sec at 512 samples
Scan Interval	User-selectable
Number of Samples per Scan	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192
Operating Modes	Free run, survey wheel, point mode
Time Range	0-8,000 nanoseconds full scale, user-selectable Gain: Manual or automatic, 1-5 gain points (-20 to +80 dB)
Filters	Vertical: Low Pass and High Pass IIR and FIR Horizontal: Stacking, Background Removal

Gambar 2.5 SIR 3000 400 MHz

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terhadap menggunakan metode Ground Penetrating Radar (GPR) ataupun metode geofisika terdahulu dicantumkan dalam tabel sebagai

berikut:

Peneliti	Lokasi	Penerapan	Hasil Penelitian
Kris Budiono et al., 2016	Pantai Utara Jakarta, Indonesia	Deteksi penurunan jalan	Turunnya salah satu jalan tol diakibatkan karena adanya <i>very soft marine clay</i> di unit A (unit paling atas)
Rizaldi et al., 2020	Bogor, Jawa Barat, Indonesia	Analisis potensi kerusakan jalan	Metode GPR berhasil memetakan potensi rawan jalan di Bogor seperti <i>Known distress zone</i> , atau penurunan lapisan batuan
Maryadi et al., 2019	Depok, Jawa Barat, Indonesia	Analisis kontaminasi air tanah di daerah penduduk	Berhasil memetakan daerah kontaminasi di sekitar TPA dengan radius 400m
Shofiana et al., 2016	Desa Sumbermaing Kulon, Kecamatan Pagak Malang, Jawa Timur, Indonesia	Identifikasi gua bawah tanah	Terdapat adanya rawan potensi sink hole mengarah ke daerah selatan dimana dekat dengan persawahan dan rumah warga.

*Halaman sengaja dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI

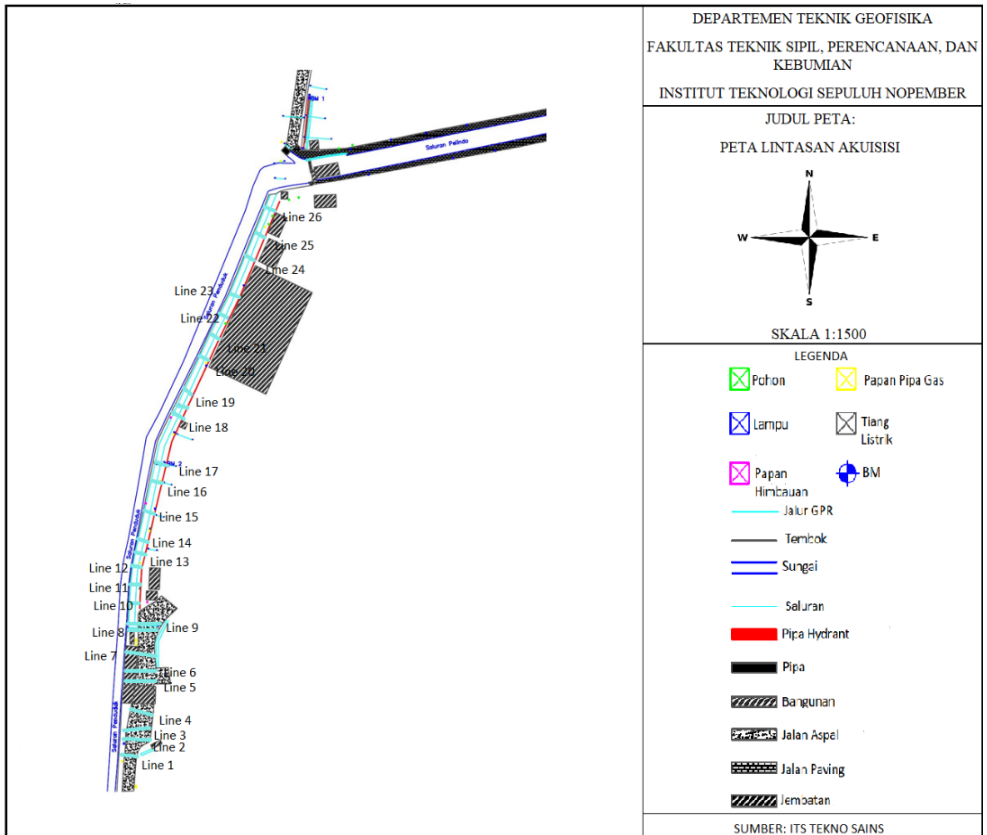
### 3.1. Peta Penelitian

Peta daerah penelitian yang telah dilakukan terdapat di kota Gresik adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Peta daerah penelitian

Akuisisi data dilakukan dari timur ke barat, yang dilakukan di 26 line yang ada seperti pada Gambar 3.2. Survey Georadar dilakukan dengan arah sejajar dan tegak lurus lokasi dengan interval lintasan, dengan panjang lintasan kurang lebih 250 meter. Panjang lintasan melewati 2 ruas jalan, dan berdekatan dengan 2 saluran yaitu saluran penduduk dan saluran Pelindo.

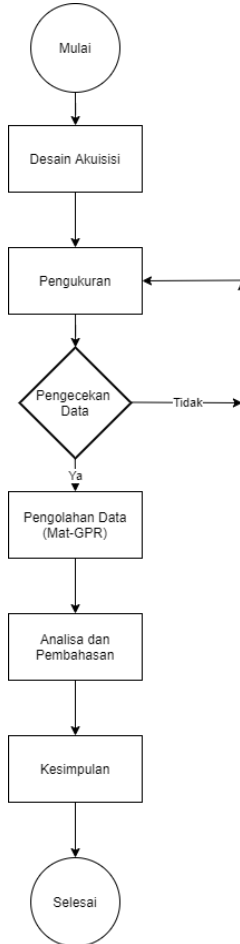


Gambar 3.2 Peta Lintasan GPR



### 3.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

Penelitian identifikasi anomaly pipa gas dilakukan dengan beberapa tahapan yang diuraikan sebagai berikut :

1. Survey Pendahuluan

Survey pendahuluan meliputi penentuan dan penggambaran lokasi penelitian secara langsung.

2. Desain Akuisisi GPR

Penentuan desain akuisisi data GPR yang menyesuaikan kondisi lapangan

3. Pengukuran GPR dan Manajemen data

Pengukuran GPR akan dilakukan sesuai dengan kondisi di lapangan

4. Pengolahan Data GPR Menggunakan MAT-GPR

Data GPR diolah dengan menggunakan MAT-GPR yang terdiri dari *basic handling, filtering*, sesuai diagram alir yang tersebut pada gambar 3.3.

5. Analisa

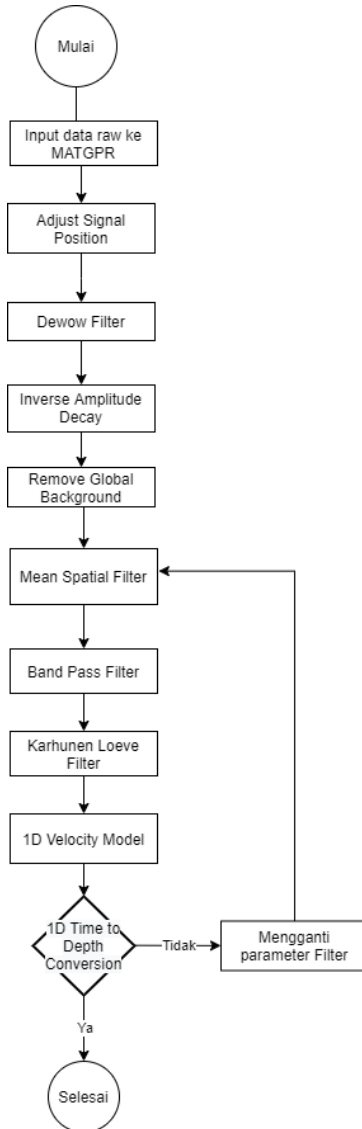
Proses analisa data GPR yang telah diolah menggunakan *software* MAT-GPR

6. Hasil

Bentuk hasil akhir dari pengolahan data GPR berupa penampang GPR dari time to depth conversion

### 3.3. Pengolahan Data

Diagram alir proses pengolahan data dengan MAT-GPR adalah sebagai berikut:

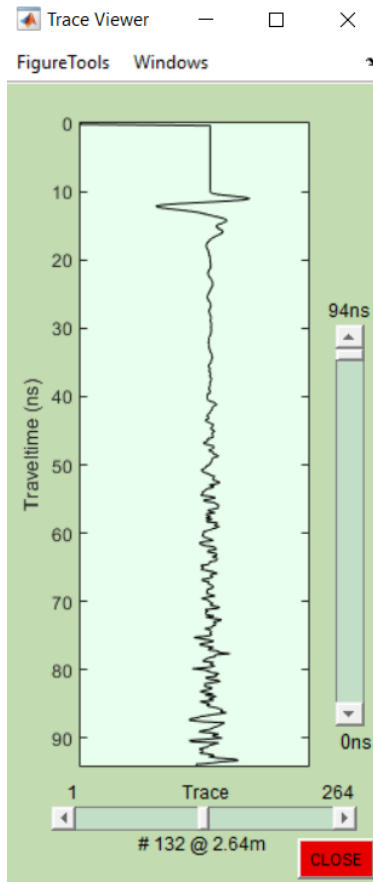


Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan data menggunakan MAT-GPR.

Diagram alir pengolahan data GPR menggunakan MAT-GPR dapat dijelaskan sebagai berikut:

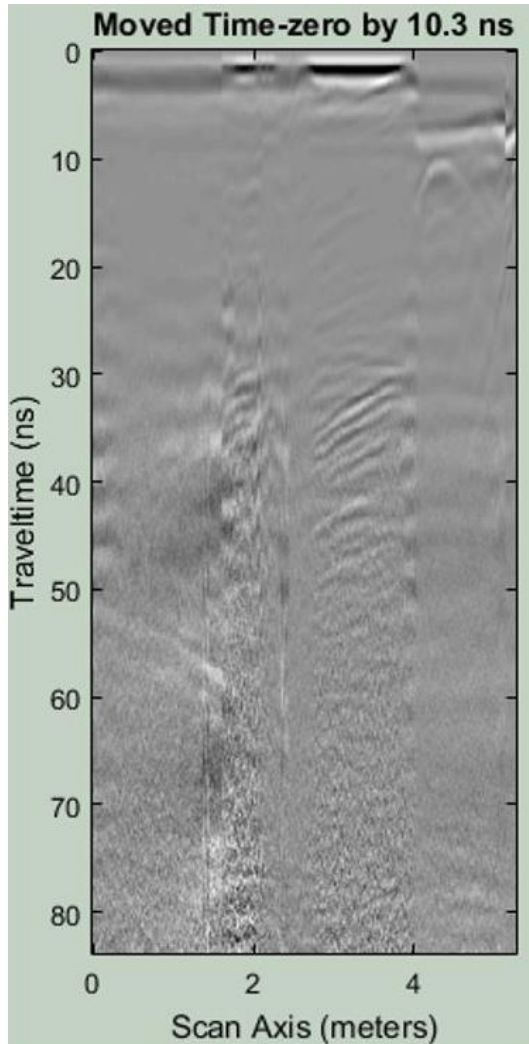
1. *Adjust Signal Position*

Data GPR memiliki sinyal yang membaca data udara (tidak dibutuhkan) yaitu jarak antara alat dengan tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembalian sinyal pada posisi yang sebenarnya, pengembalian sinyal pada posisi sebenarnya dikarenakan data yang dikeluarkan pada saat akuisisi data di lapangan memiliki waktu jeda sebelum sinyal menyentuh permukaan. Proses *adjust signal position* dilakukan untuk menghilangkan jeda sinyal tersebut.



Gambar 3.5 Trace Viewer, digunakan untuk memilih sinyal yang akan di potong

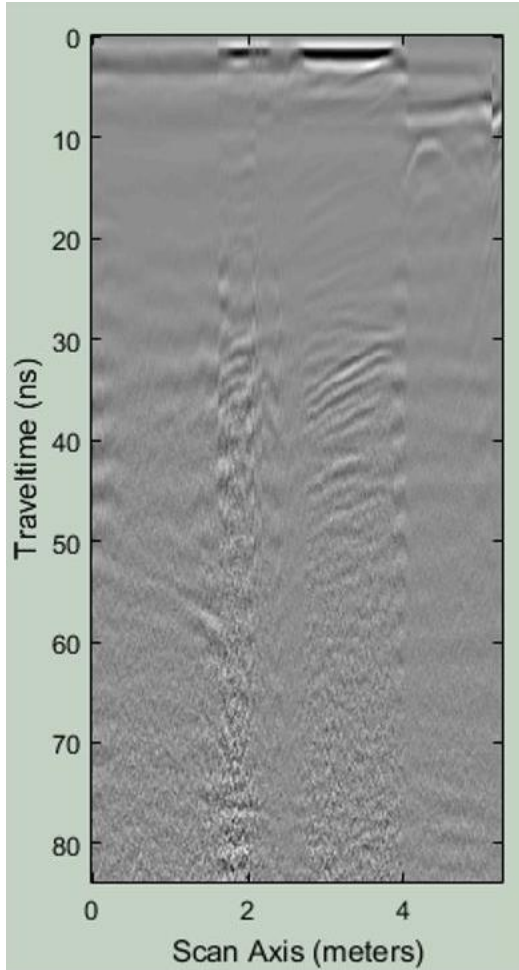
Gambar 3.5 adalah Trace Viewer, pada window tersebut sinyal dipilih yang kemudian dilakukan pemotongan sinyal. Pada lintasan 22, sinyal yang dipotong antara 0-10.3 ns dengan sampel trace 54, sinyal yang dipotong ini memiliki kesamaan dengan bagian yang lainnya, karena jarak alat dengan permukaan. Setelah itu akan dihasilkan gambar 3.6.



Gambar 3.6 Hasil lintasan 22 setelah Adjust Signal Position

## 2. Dewow Filter

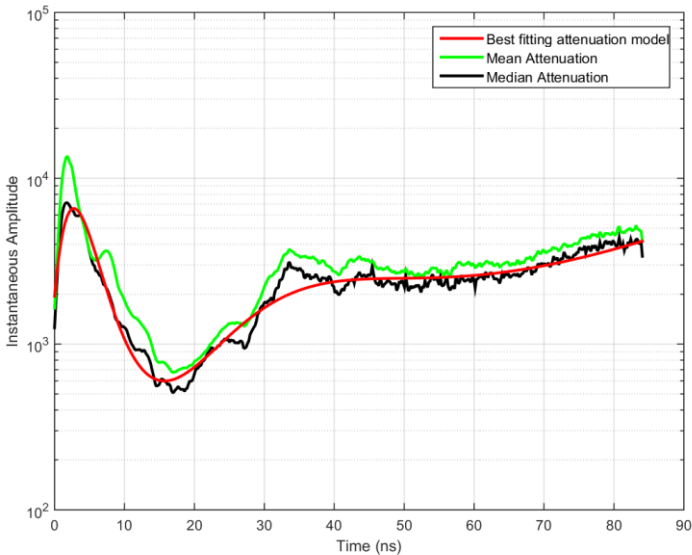
Koreksi ini digunakan pada awal pemrosesan pada data GPR, filter ini digunakan agar dapat menghilangkan noise yang memiliki frekuensi sangat rendah. Wow merupakan noise yang memiliki nilai frekuensi sangat rendah, hal ini terjadi akibat adanya instrument elektronik yang tersaturasi oleh nilai amplitudo besar dari gelombang langsung dan gelombang udara.



Gambar 3.7 Hasil setelah proses *Dewow Filter*

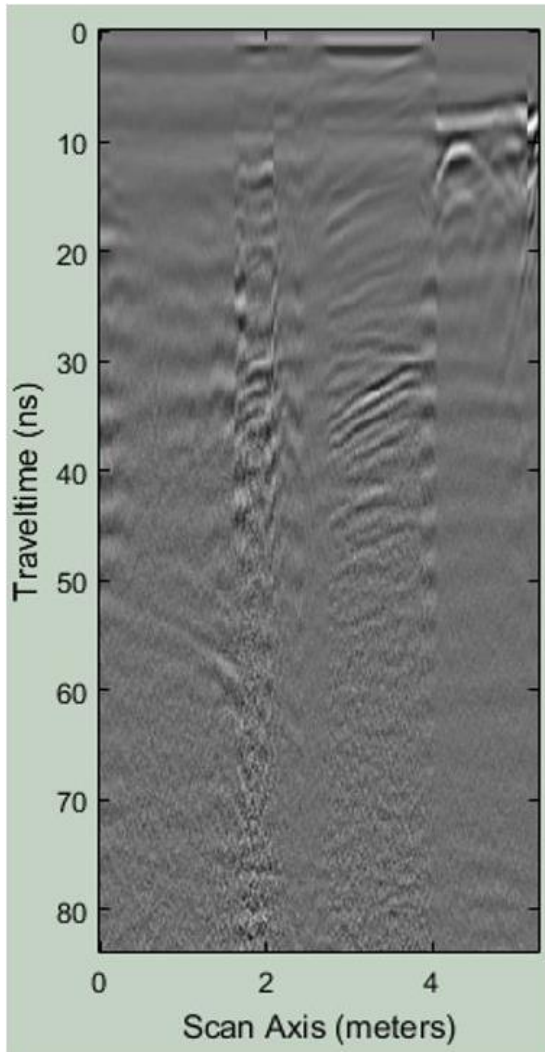
### 3. *Inverse Amplitude Decay*

Koreksi berikutnya adalah *inverse amplitude decay*. Proses ini dilakukan untuk memperkuat gain, karena sinyal radar yang dihasilkan oleh transmitter menjalar dibawah permukaan bumi dengan sangat cepat, oleh karena itu sinyal radar tersebut mengalami atenuasi, hal ini akan memberikan informasi sinyal menjadi tidak begitu terlihat, terutama pada saat sinyal melewati batuan maupun perlapisan tanah, oleh karena koreksi ini digunakan untuk memperkuat sinyal tersebut. *Mean attenuation* dipilih karena memiliki jangkauan amplitude lebar.



Gambar 3.8 Model atenuasi pada proses *Inverse Amplitude Decay*

Setelah mendapatkan kurva atenuasi yang diinginkan, dilanjutkan ke *proceed* dan akan keluar hasil *Inverse Amplitude Decay* tersebut seperti di gambar 3.9.



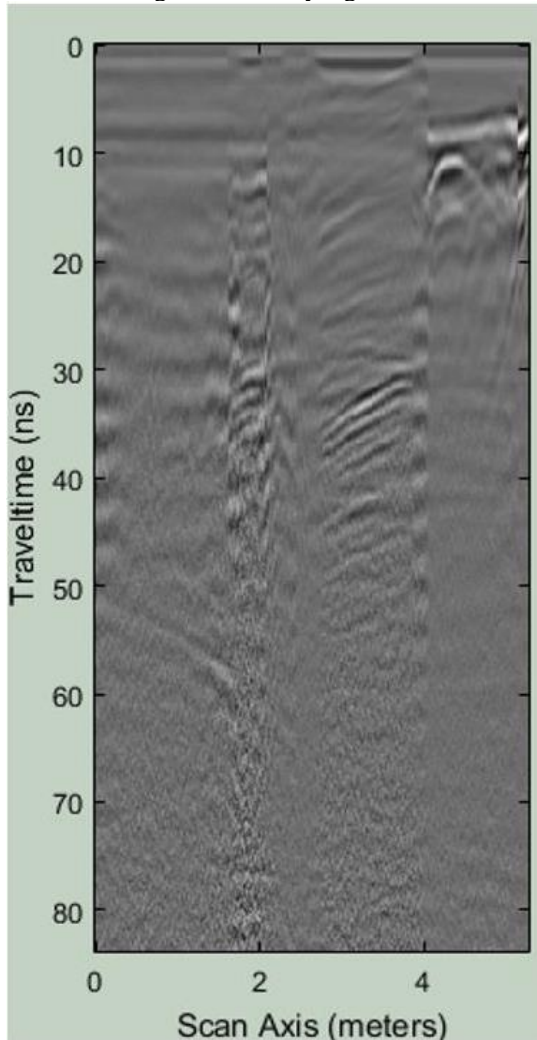
Gambar 3.9 Hasil setelah dilakukan proses *Inverse Amplitude Decay* dengan menggunakan model *mean attenuation*

#### 4. *Removal Global Background*

*Removal global background* ini berguna untuk mengurangi lintasan rata-rata (*tracerange*) yaitu memberikan jarak jangkauan secara actual pada suatu bagian. Koreksi ini melakukan pembersihan pada latar belakang, menghilangkan energi



koheren yang horizontal dengan frekuensi yang rendah.

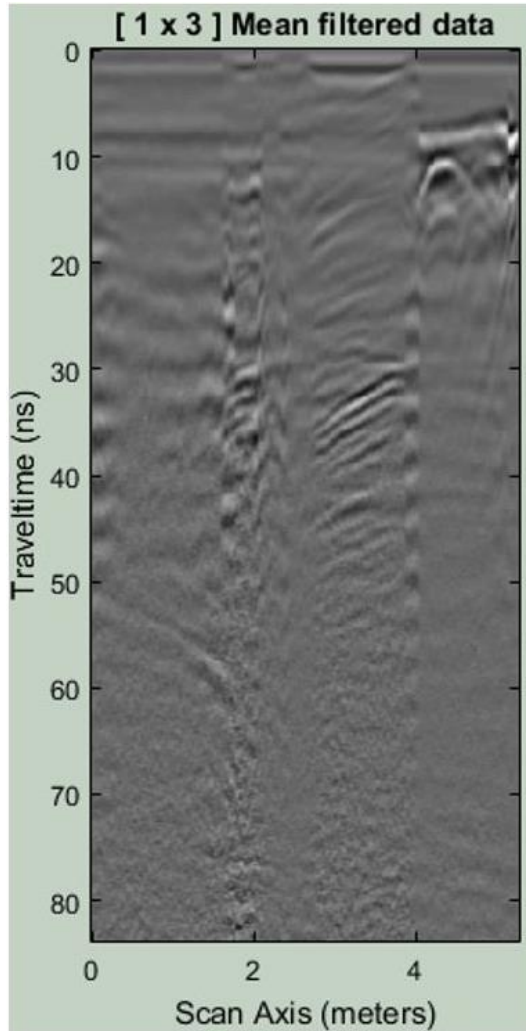


Gambar 3.10 Hasil setelah dilakukan proses *Remove Global Background*

##### 5. *Mean Spatial Filter*

*Mean spatial filter* bertujuan untuk mengurangi noise yang berfrekuensi tinggi dan noise yang tidak beraturan. Dilakukannya *mean spatial filter* ini diharapkan agar memperkuat sinyal amplitudo dan melemahkan noise amplitudo. Pada

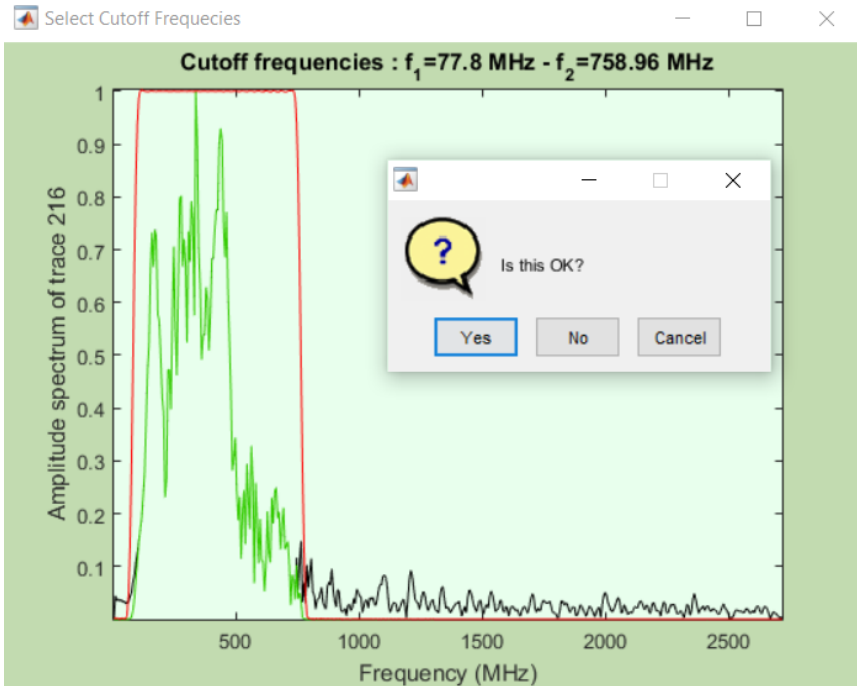
pengolahan data *mean spatial filter* peneliti mencari parameter yang paling optimal dalam dimensi “*time axis*” dan “*scan axis*”. Semakin tinggi angka *mean spatial filter*, maka semakin banyak data trace yang diratakan. Pengolahan data GPR pada penelitian ini mengambil angka 1 dan 3 (angka rendah) agar data tidak terlalu berubah signifikan karena semakin banyak trace yang diratakan.



Gambar 3.11 Hasil setelah dilakukan *Mean Spatial Filter 1x3*

## 6. Band Pass Filter

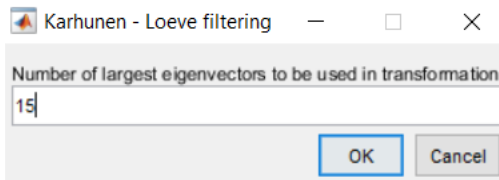
Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan frekuensi frekuensi yang tidak diinginkan (*noise*), dengan membatasi nilai jangkauan frekuensi sinyal pada radargram. Pada pengolahan data *band pass filter* dilakukan pengambilan sinyal yang dianggap paling bagus seperti pada gambar 3.12.



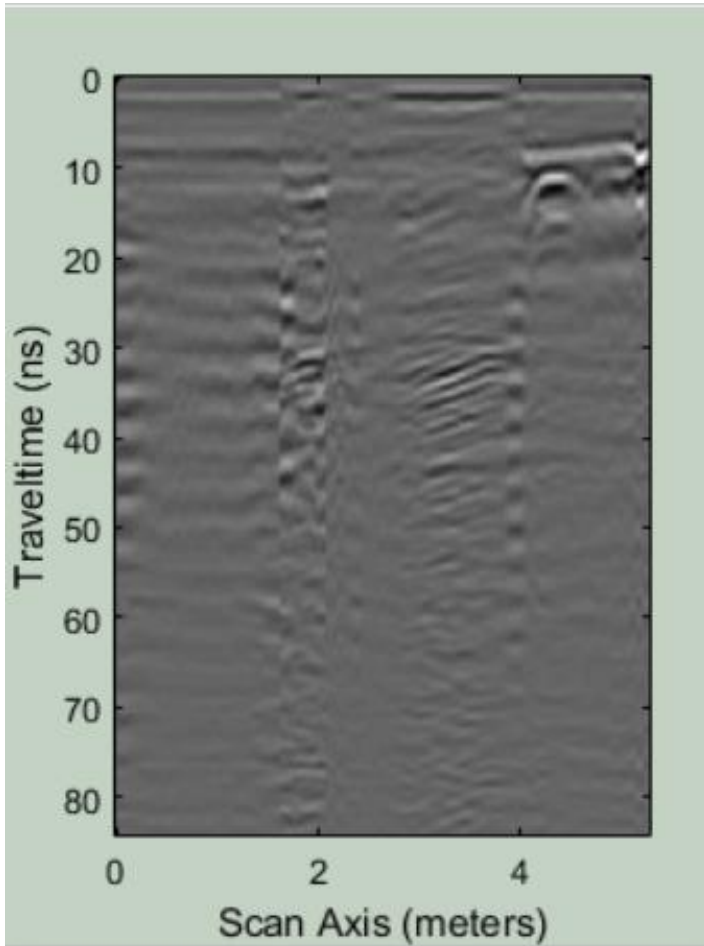
Gambar 3.12 Window untuk memilih sinyal yang diinginkan

## 7. Karhunen Loeve Filter

Filter ini digunakan agar dapat menghilangkan atau mengurangi noise lateral dengan memanfaatkan transformasi *Karhunen Loeve (K-L)*. Pada pengolahan data *K-L filter* peneliti mencari parameter *number of largest eigenvectors* untuk mendapatkan hasil data penampang dan residual. Data residual akan dibuang ketika proses ini selesai dilakukan. Data residual didapat dari angka *number of largest eigenvectors* yang dipilih. Semakin rendah angka tersebut, maka semakin banyak data residual yang dibuang.



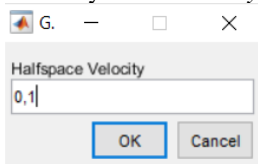
Gambar 3.13 Window untuk memasukkan parameter *eigenvectors*



Gambar 3.14 Hasil setelah dilakukan *Karhunen Loeve Filter*

### 8. 1-D *Velocity Model*

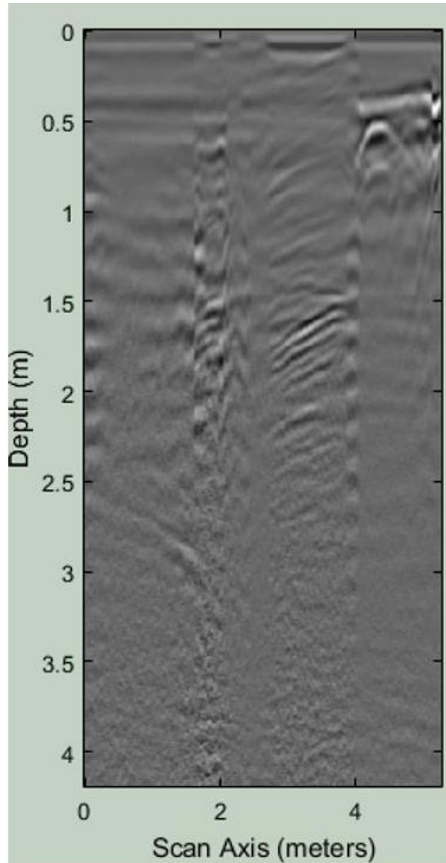
Velocity model diperlukan untuk mengoreksi penetrasi trace agar sesuai dengan data geologi sehingga domain waktu nantinya dapat diubah menjadi domain kedalaman. Langkah pengolahan data ini juga memberikan pilihan migrasi model sehingga didapat data yang lebih sesuai dengan kondisi daerah pengukuran. Penelitian kali ini menggunakan lapisan homogen atau hanya menggunakan satu lapisan karena daerah penelitian diasumsikan hanya terdiri dari satu jenis tanah yang dominan yaitu *soil loamy dry*.



Gambar 3.15 Window untuk memasukkan kecepatan lapisan

### 9. 1-D *Time to Depth Conversion*

Metoda ini merupakan proses konversi data GPR dari domain waktu menjadi domain kedalaman.



Gambar 3.16 Hasil setelah dilakukan Hasil setelah dilakukan proses *1-D time to depth conversion*

### 3.4. Peralatan

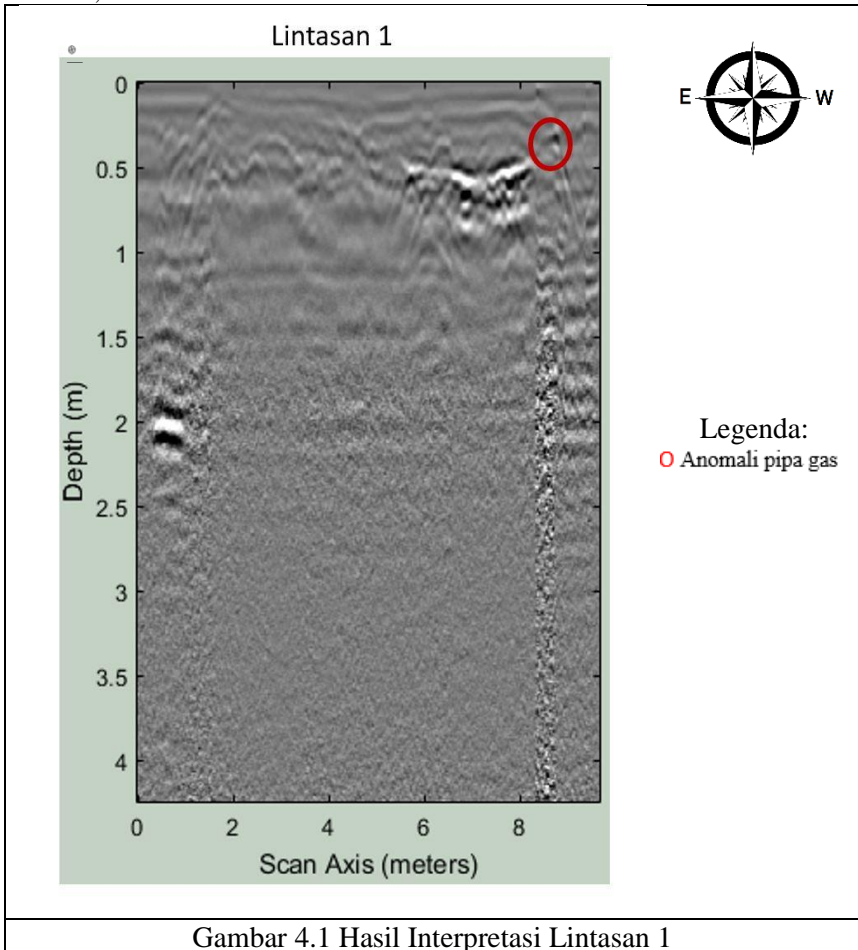
Dalam penelitian Tugas Akhir ini peralatan yang digunakan dalam tahap akuisisi data dan pengolahan data, sebagai berikut:

1. Tahap Akuisisi Data:
  - a. 1 Set Control unit SIR 3000
  - b. 1 Unit antenna georadar GSSI 270 MHz
  - c. 1 Unit alat ukur jarak
  - d. 1 Set Laptop
2. Tahap Pengolahan Data:
  - a. Matlab R2013a
  - b. MATGPR R-3.1

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis dan Pembahasan Lintasan 1

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 1 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 1 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 1 adalah 9,6 meter.

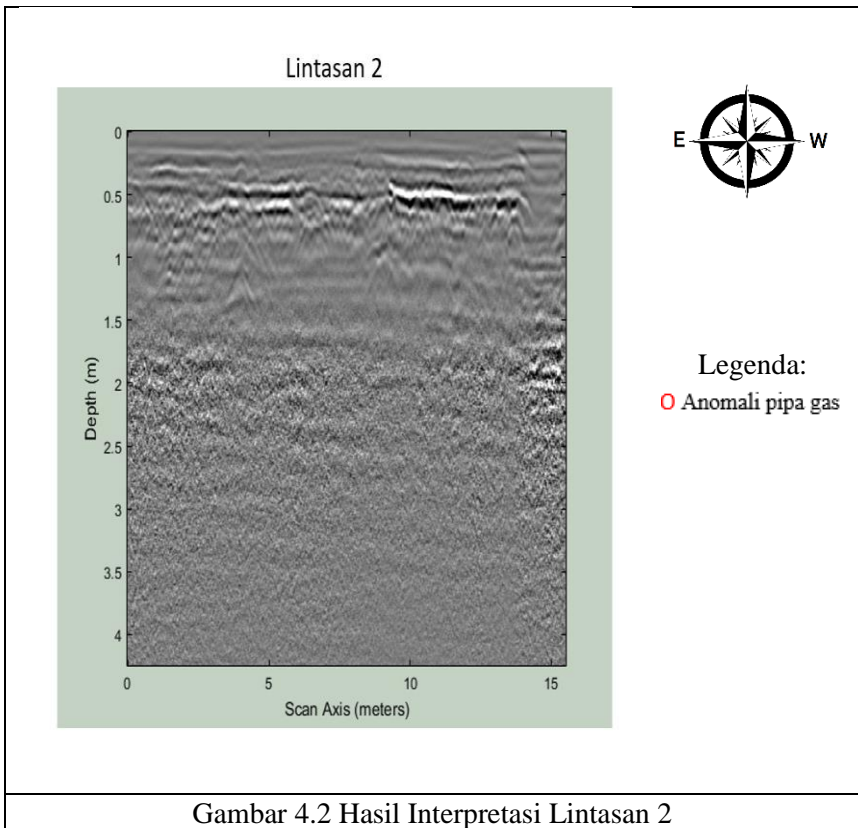


Gambar 4.1 Hasil Interpretasi Lintasan 1

Gambar 4.1 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas di jarak 8,6 meter dan kedalaman 0,4 meter.

#### 4.2. Analisis dan Pembahasan Lintasan 2

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 1 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 2 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 2 adalah 15,2 meter.



Gambar 4.2 Hasil Interpretasi Lintasan 2

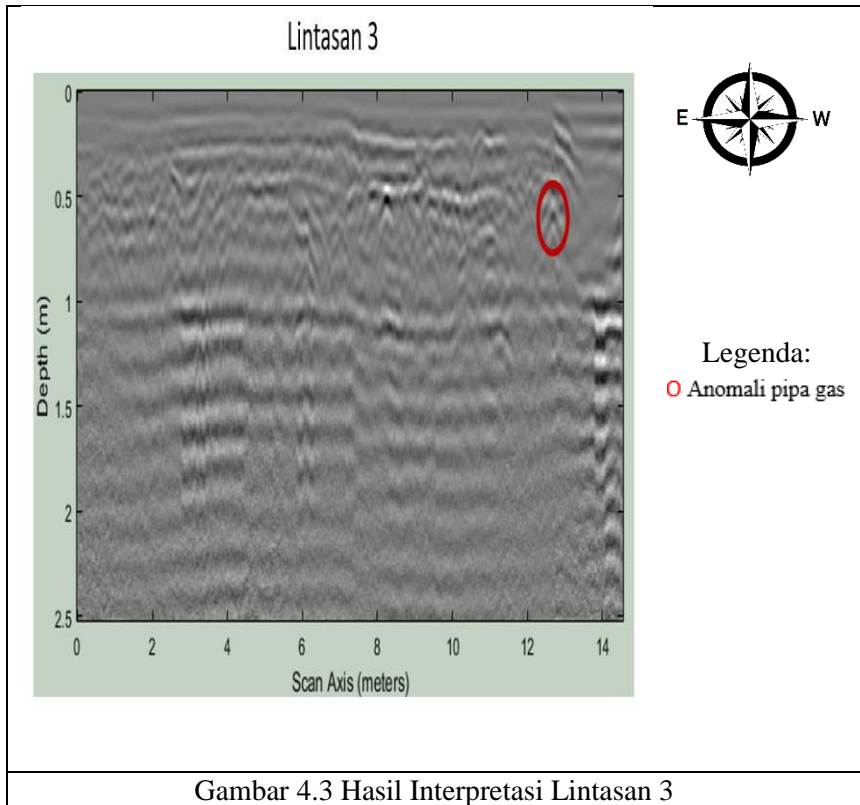
Gambar 4.2 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 2. Pada penampang radargram tersebut tidak terlihat jelas adanya anomaly pipa gas



tetapi terdapat barrier beton dari kedalaman 0,4 hingga 1 meter dari jarak 0,8 hingga 13 meter.

### 4.3. Analisis dan Pembahasan Lintasan 3

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 3 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 3 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 2 adalah 14,3 meter.

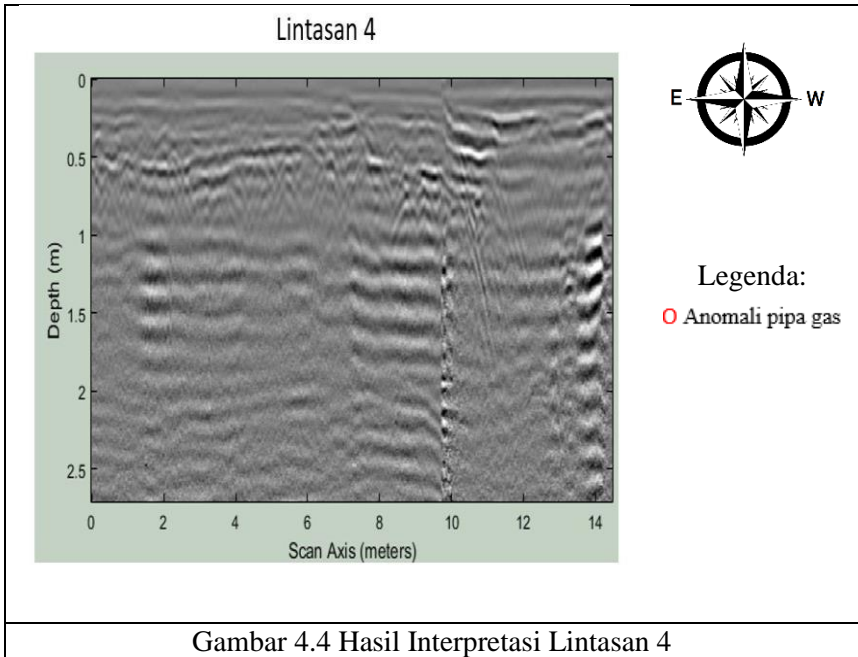


Gambar 4.3 Hasil Interpretasi Lintasan 3

Gambar 4.3 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 3. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 12,4 meter dengan kedalaman 0,6 meter.

#### 4.4. Analisis dan Pembahasan Lintasan 4

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 4 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 4 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 4 adalah 14,3 meter.

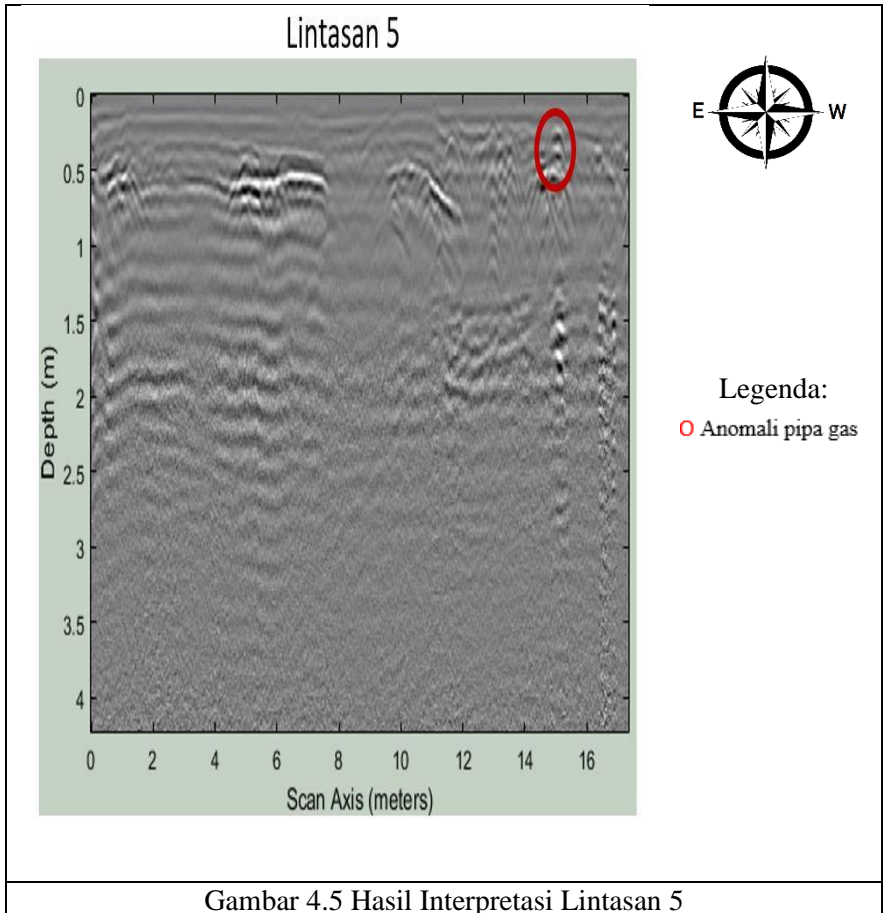


Gambar 4.4 Hasil Interpretasi Lintasan 4

Gambar 4.4 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 4. Pada penampang radargram tersebut tidak terlihat jelas adanya anomaly pipa gas tetapi terdapat barrier beton dari kedalaman 0,4 hingga 1 meter.

#### 4.5. Analisis dan Pembahasan Lintasan 5

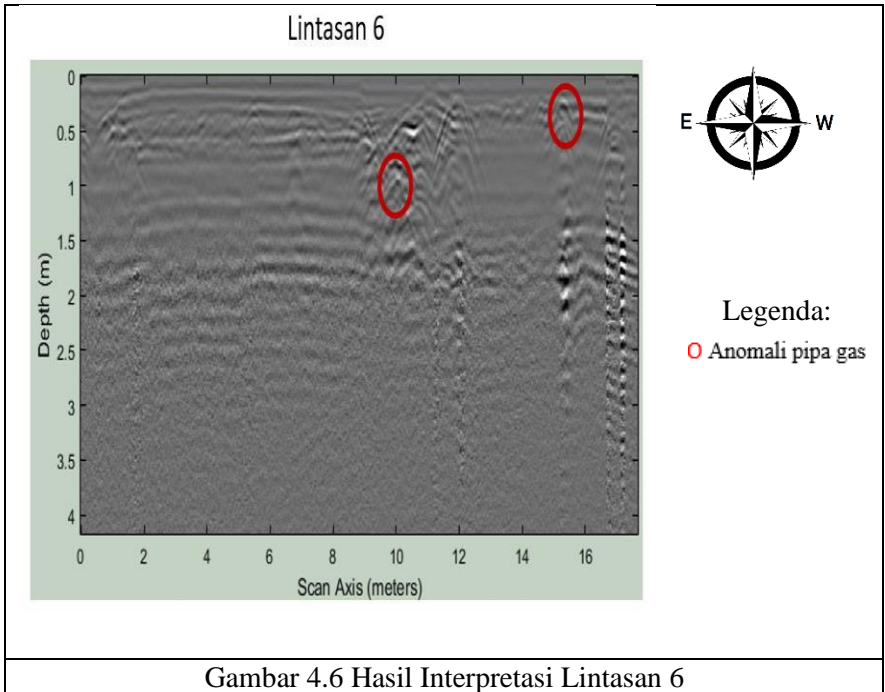
Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 5 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 5 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 5 adalah 17,2 meter.



Gambar 4.5 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 5. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 15 meter dan dengan kedalaman 0,3-0,4 meter.

#### **4.6. Analisis dan Pembahasan Lintasan 6**

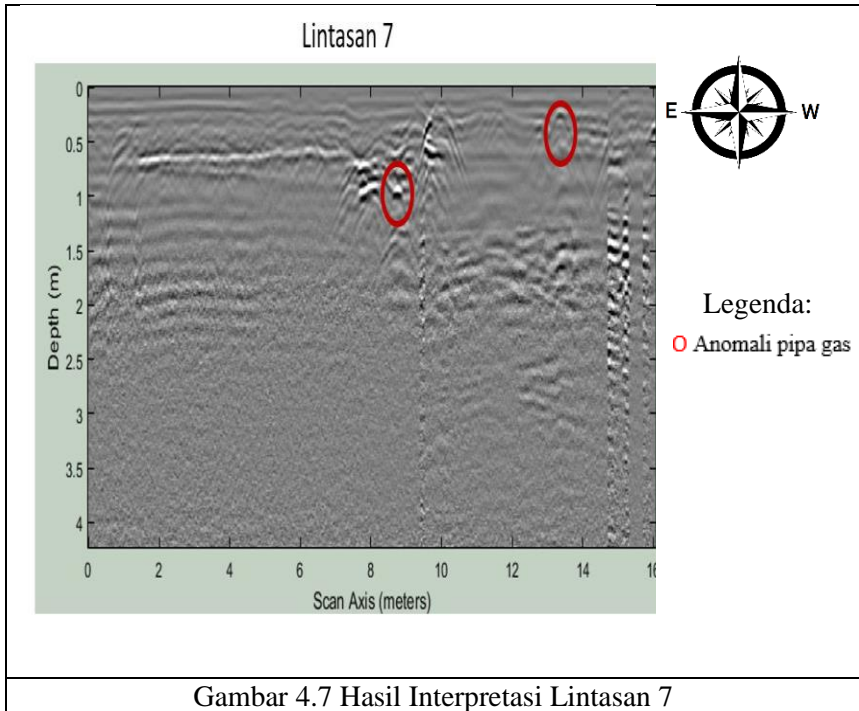
Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 6 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 5 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 6 adalah 17,6 meter.



Gambar 4.6 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 6. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya 2 anomaly pipa gas dari jarak 10 meter dengan kedalaman 1,1 meter dan 15,1 meter dengan kedalaman 0,4 meter

#### 4.7. Analisis dan Pembahasan Lintasan 7

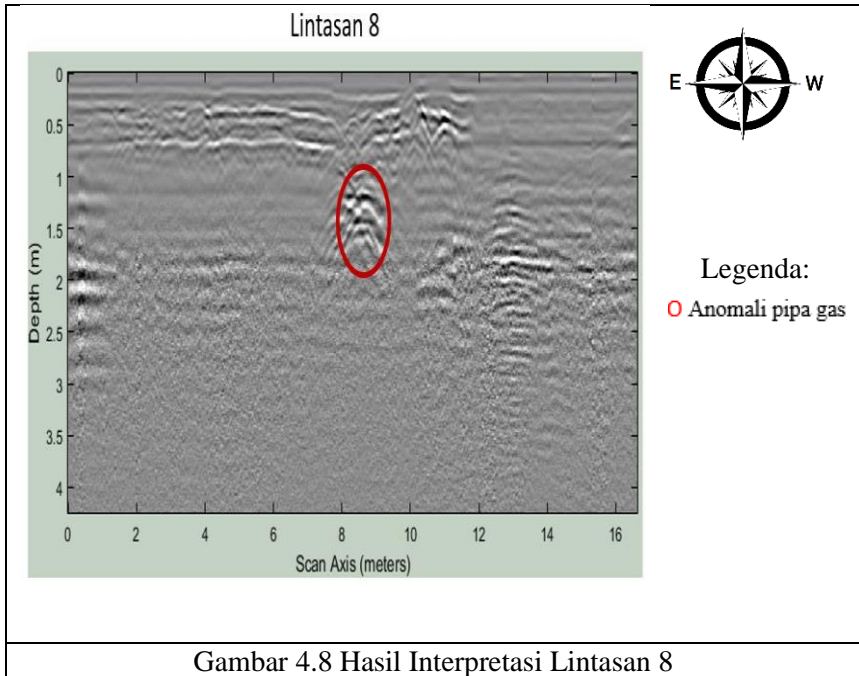
Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 7 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 7 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 7 adalah 16 meter.



Gambar 4.7 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 7. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya 2 anomaly pipa gas dari jarak 9 meter dengan kedalaman 1 meter **dan** 13,2 meter dengan kedalaman 0,5 meter.

#### **4.8. Analisis dan Pembahasan Lintasan 8**

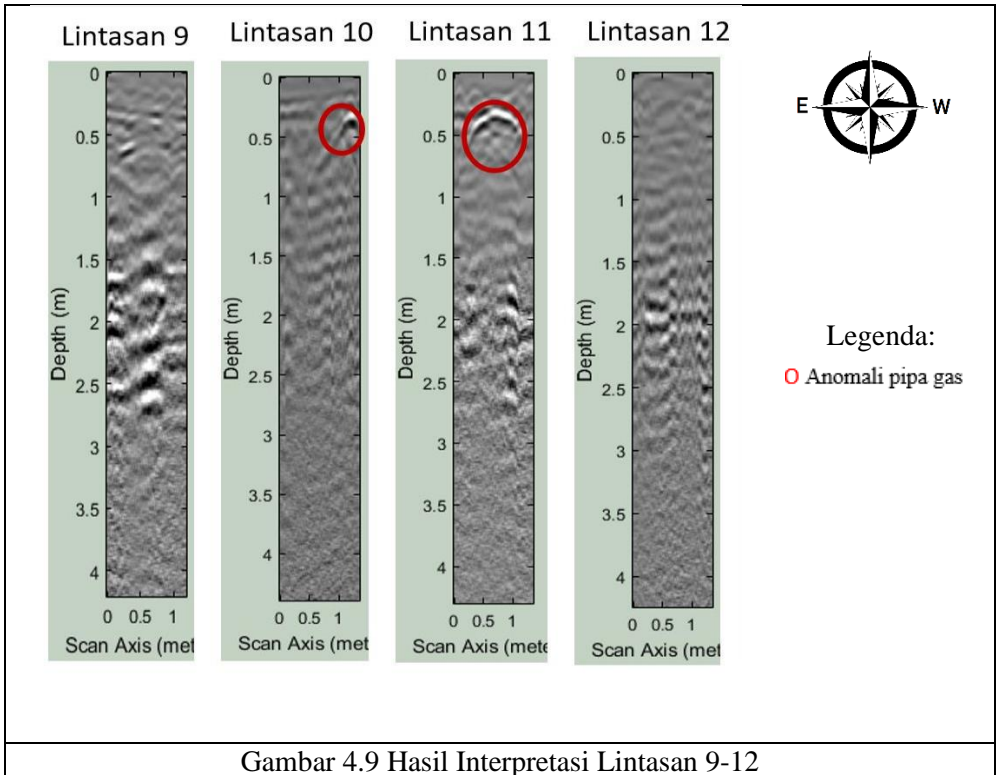
Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 8 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 8 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 8 adalah 16,3 meter.



Gambar 4.8 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 8. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya 2 anomaly pipa gas dari jarak 8,5 meter dengan kedalaman 1,2 meter

#### 4.9. Analisis dan Pembahasan Lintasan 9-12

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 9-12 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 9 sampai 12 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 9 adalah 1,1 meter, total panjang lintasan 10 adalah 1,4 meter, total panjang lintasan 11 adalah 1.3 meter dan panjang total lintasan 12 adalah 1.2 meter.

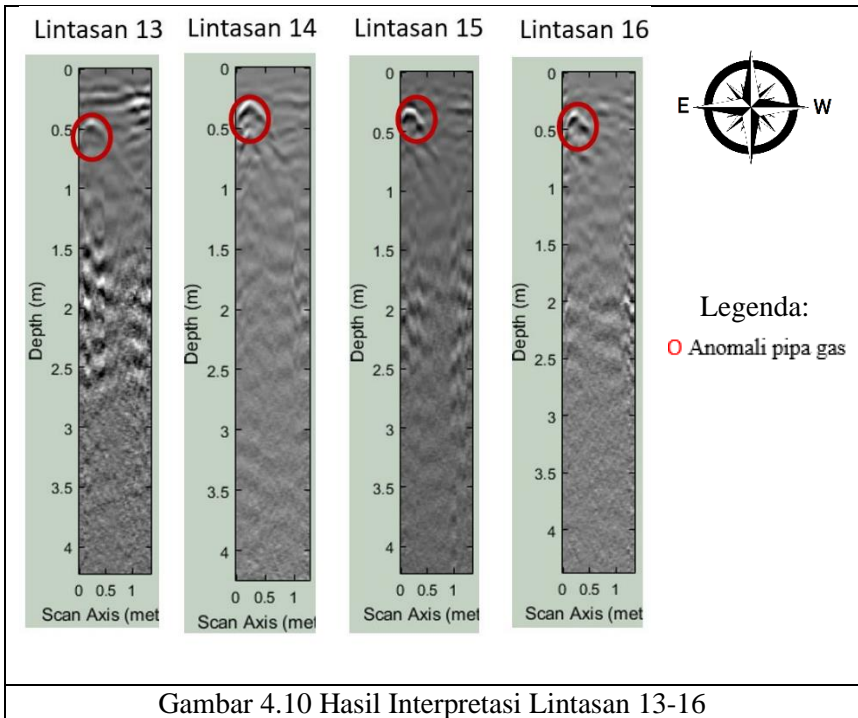


Gambar 4.9 Hasil Interpretasi Lintasan 9-12

Gambar 4.9 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 9 hingga lintasan 12. Pada penampang radargram lintasan 9 tidak terlihat anomali pipa yang jelas. Pada penampang radargram lintasan 10 terlihat adanya anomaly pipa gas di jarak 1,2 meter dengan kedalaman 0,3 meter. Pada penampang radargram lintasan 11 terlihat adanya anomali pipa gas di jarak 0,7 meter dengan kedalaman 0,4 meter.

#### 4.10. Analisis dan Pembahasan Lintasan 13-16

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 13 hingga 16 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 13 sampai 16 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 13 adalah 1,4 meter, total panjang lintasan 14 adalah 1,2 meter, total panjang lintasan 15 adalah 1,3 meter dan panjang total lintasan 16 adalah 1,3 meter.



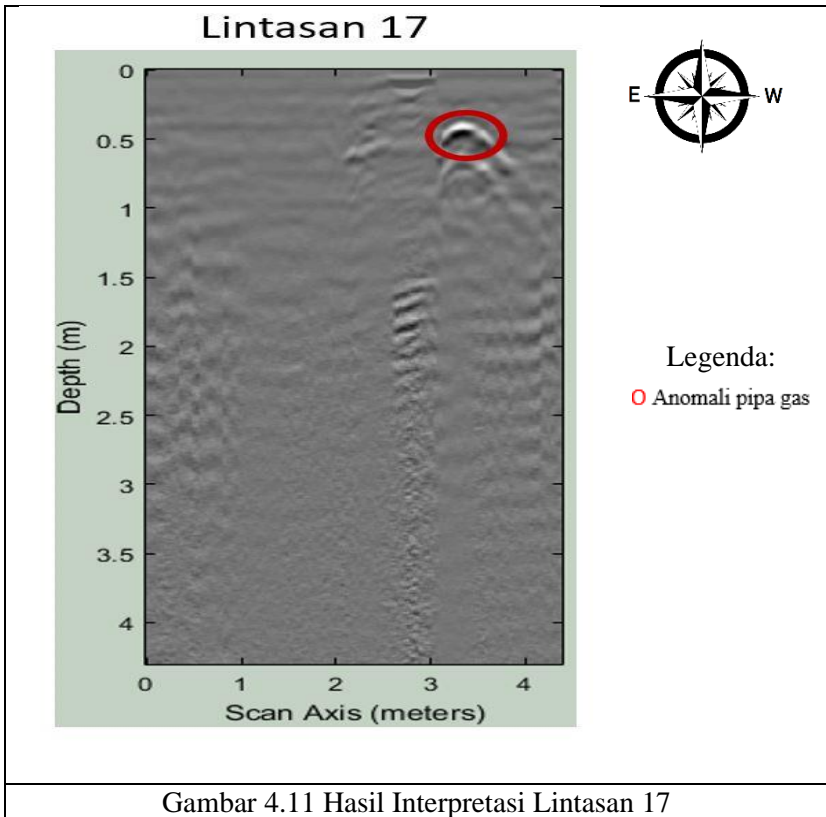
Gambar 4.10 Hasil Interpretasi Lintasan 13-16

Gambar 4.10 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 13 hingga lintasan 16. Pada penampang radargram lintasan 13 terlihat anomali pipa gas yang di jarak 0,35 meter dengan kedalaman 0,5 meter. Pada penampang radargram lintasan 14 terlihat adanya anomaly pipa gas di jarak 0,3 meter dengan kedalaman 0,4 meter. Pada penampang radargram lintasan 15 terlihat adanya anomali pipa gas di jarak 0,2 meter dengan kedalaman 0,3 meter. Pada penampang radargram lintasan 16 terlihat adanya anomaly pipa gas di jarak 0,3 meter dengan kedalaman 0,3 meter.

#### 4.11. Analisis dan Pembahasan Lintasan 17

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 17 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 17 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 17 adalah 4,4 meter.

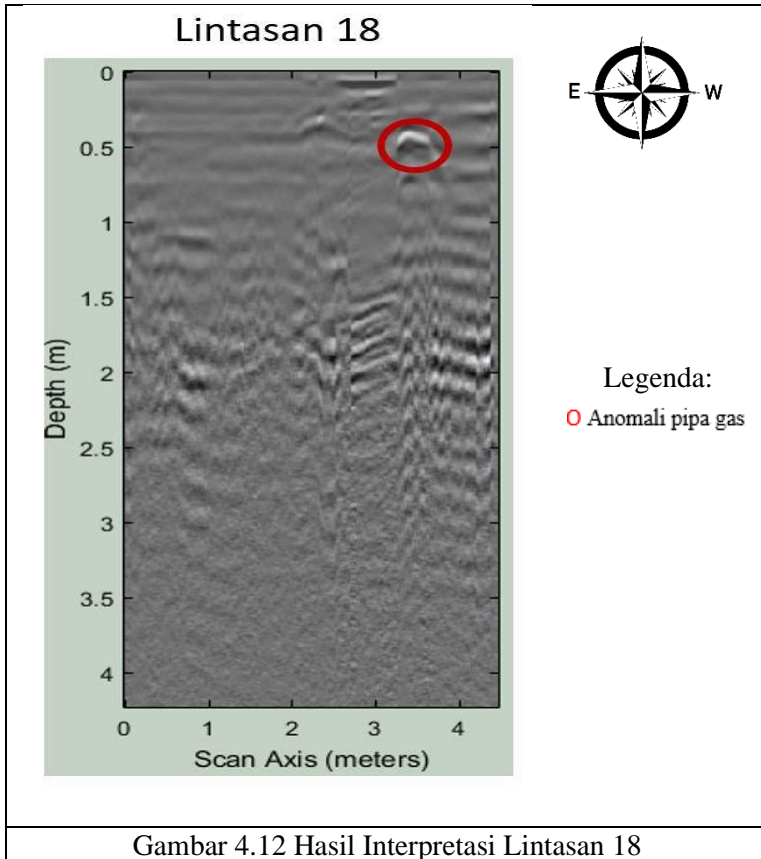




Gambar 4.11 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 17. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 3,2 meter dengan kedalaman 0,4 meter.

#### 4.12. Analisis dan Pembahasan Lintasan 18

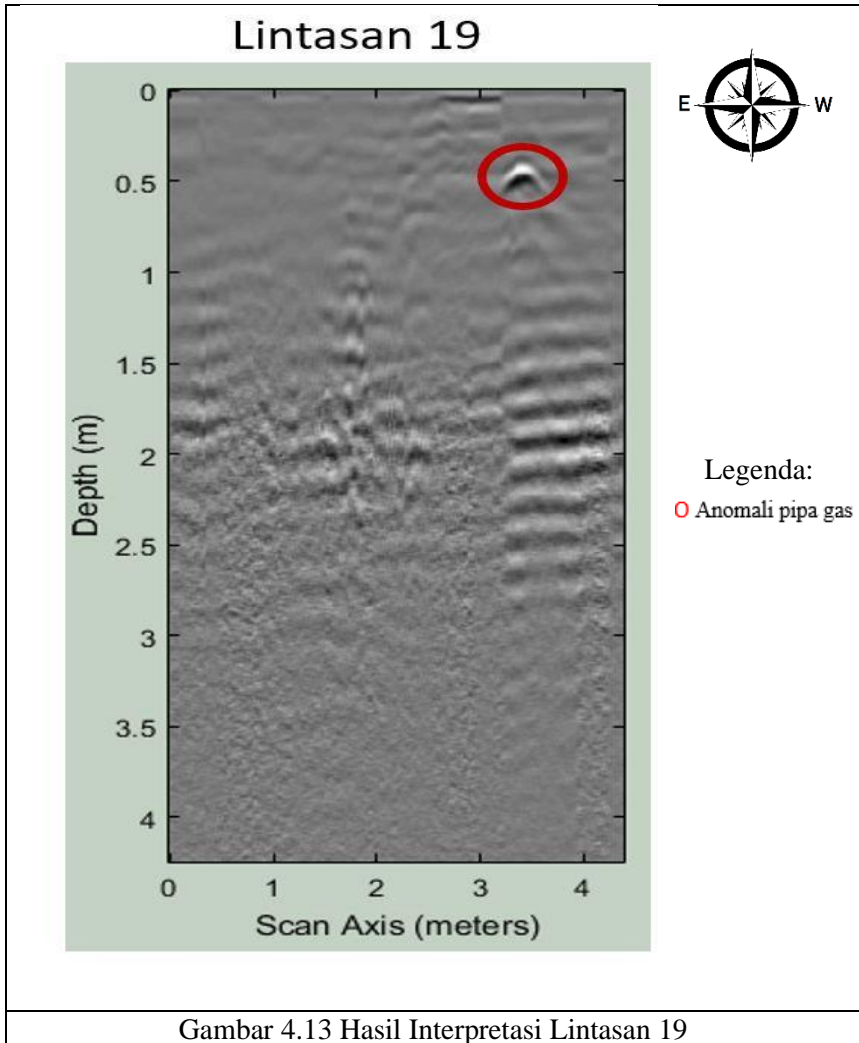
Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 18 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 18 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 18 adalah 4,3 meter.



Gambar 4.12 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 18. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 3,5 meter dengan kedalaman 0,5 meter.

#### **4.13. Analisis dan Pembahasan Lintasan 19**

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 8 setelah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 19 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 19 adalah 4,3 meter.



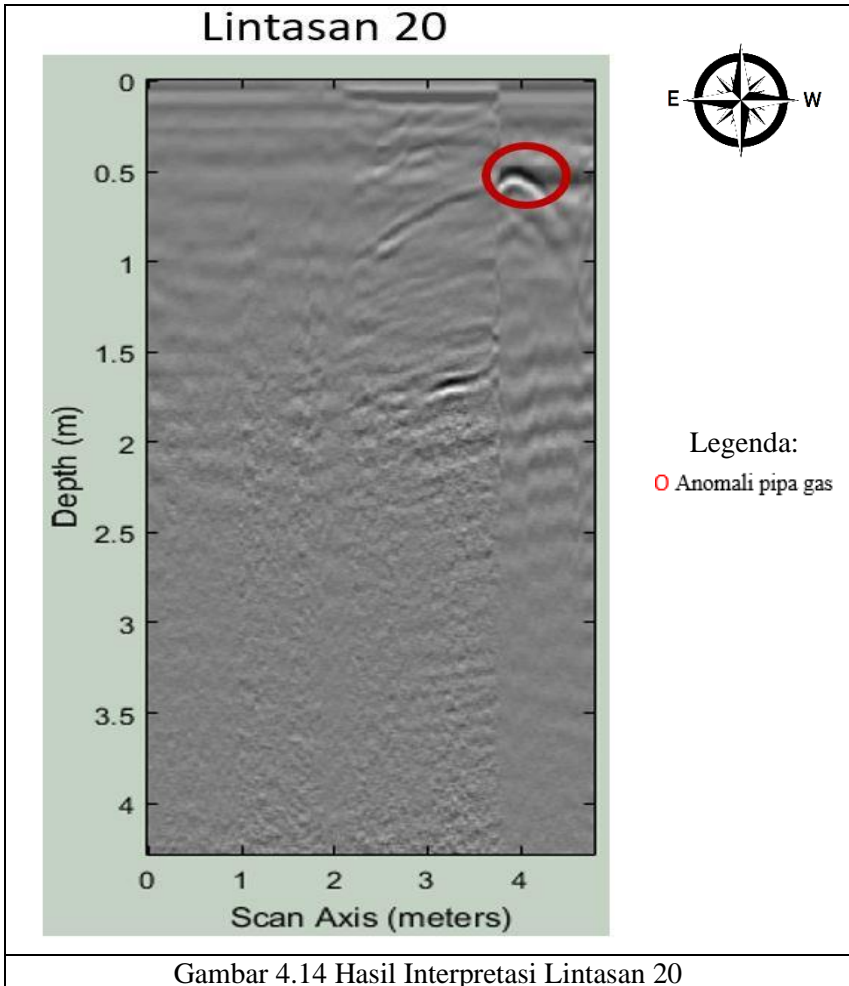
Gambar 4.13 Hasil Interpretasi Lintasan 19

Gambar 4.13 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 19. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 3,3 meter dengan kedalaman 0,5 meter.

#### 4.14. Analisis dan Pembahasan Lintasan 20

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan

Setelah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 20 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 20 adalah 4,8 meter.

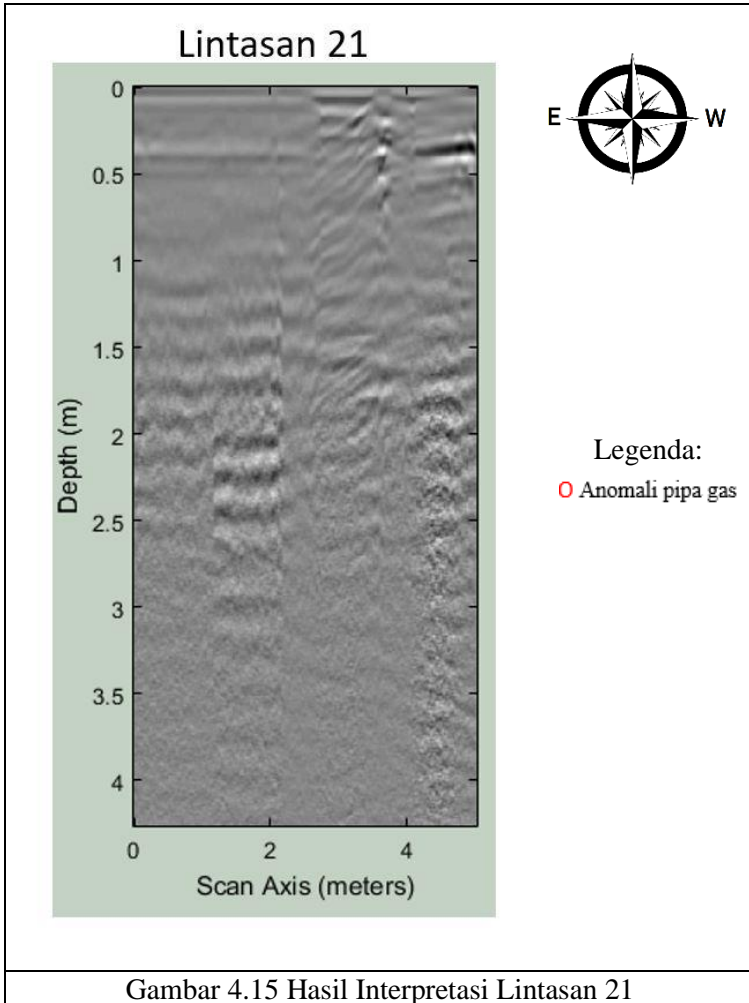


Gambar 4.14 Hasil Interpretasi Lintasan 20

Gambar 4.14 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 20. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 4 meter dengan kedalaman 0,5 meter.

#### 4.15. Analisis dan Pembahasan Lintasan 21

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 21 setelah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 21 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 21 adalah 5 meter.

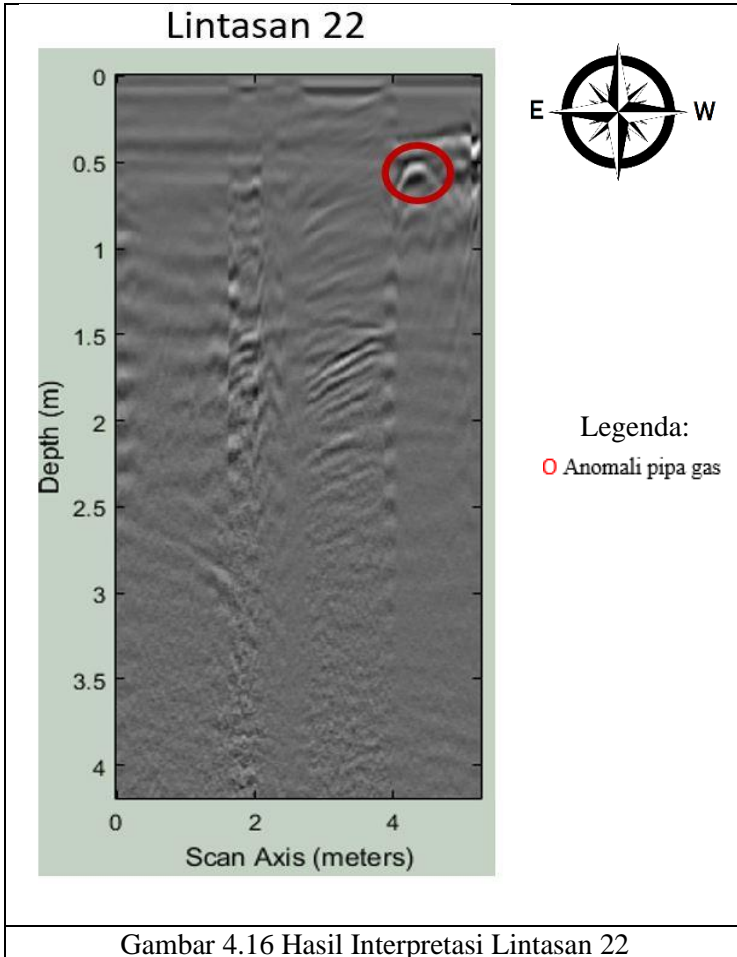


Gambar 4.15 Hasil Interpretasi Lintasan 21

Gambar 4.15 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 21. Pada penampang radargram tersebut tidak terlihat jelas adanya anomaly pipa gas

#### 4.16. Analisis dan Pembahasan Lintasan 22

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan setelah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 21 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 22 adalah 4,7 meter.



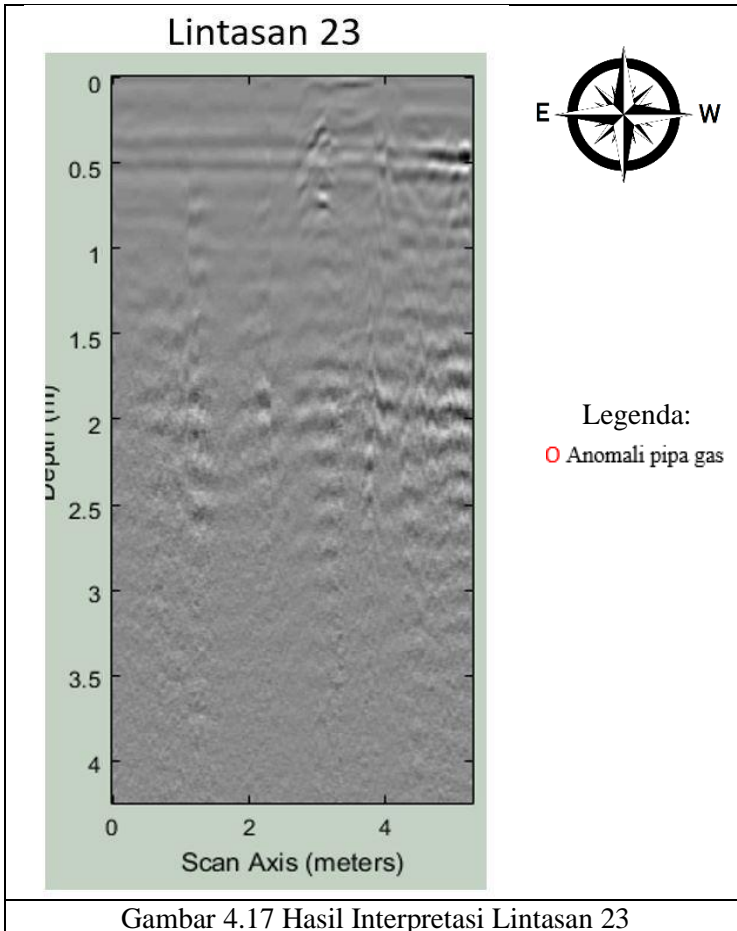
Gambar 4.16 Hasil Interpretasi Lintasan 22

Gambar 4.16 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 22. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 4,2

meter dengan kedalaman 0,5 meter.

#### 4.17. Analisis dan Pembahasan Lintasan 23

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan setelah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 23 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 23 adalah 4,7 meter.

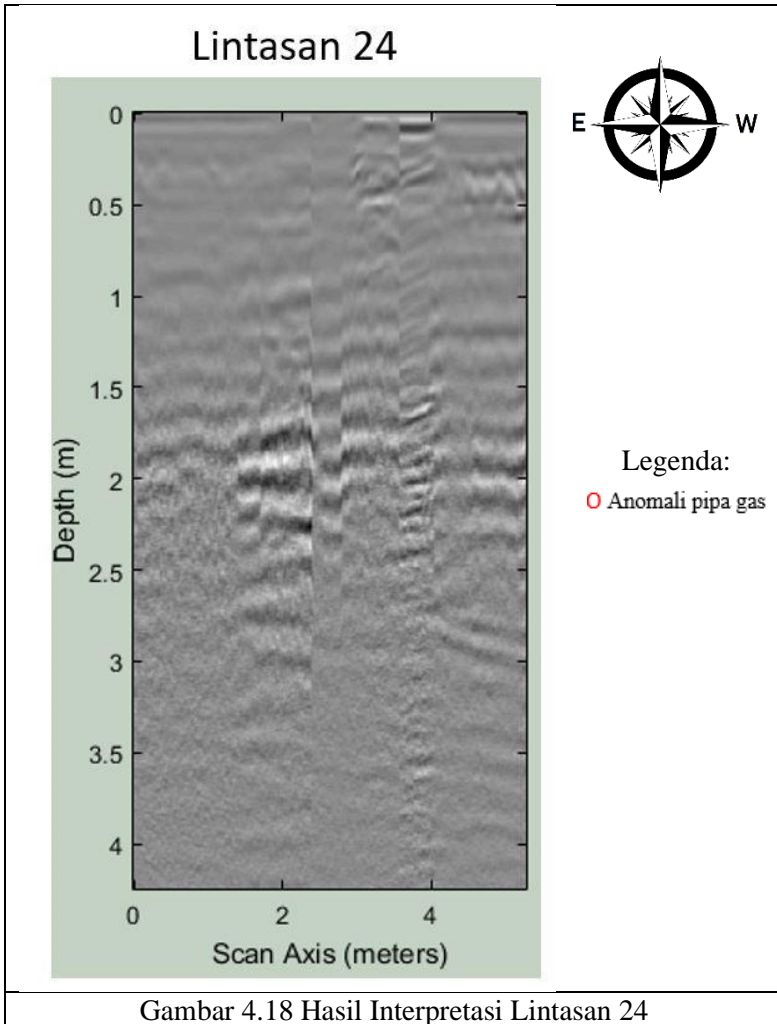


Gambar 4.17 Hasil Interpretasi Lintasan 23

Gambar 4.17 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 23. Pada penampang radargram tersebut tidak terlihat jelas adanya anomaly pipa gas.

#### 4.18. Analisis dan Pembahasan Lintasan 24

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 24 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 22 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 24 adalah 4,8 meter.



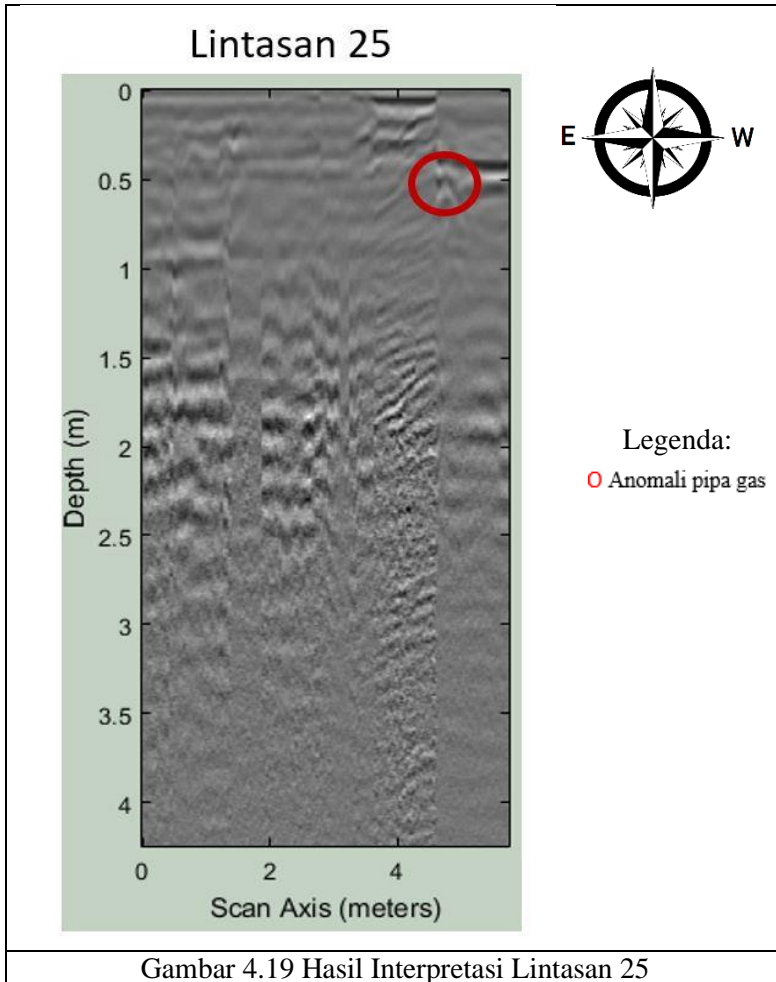
Gambar 4.18 Hasil Interpretasi Lintasan 24



Gambar 4.18 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 24. Pada penampang radargram tersebut tidak terlihat jelas adanya anomaly pipa gas.

#### **4.19. Analisis dan Pembahasan Lintasan 25**

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 8 setelah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 400 MHz. Pada akuisisi data di lintasan 25 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 25 adalah 5,2 meter.

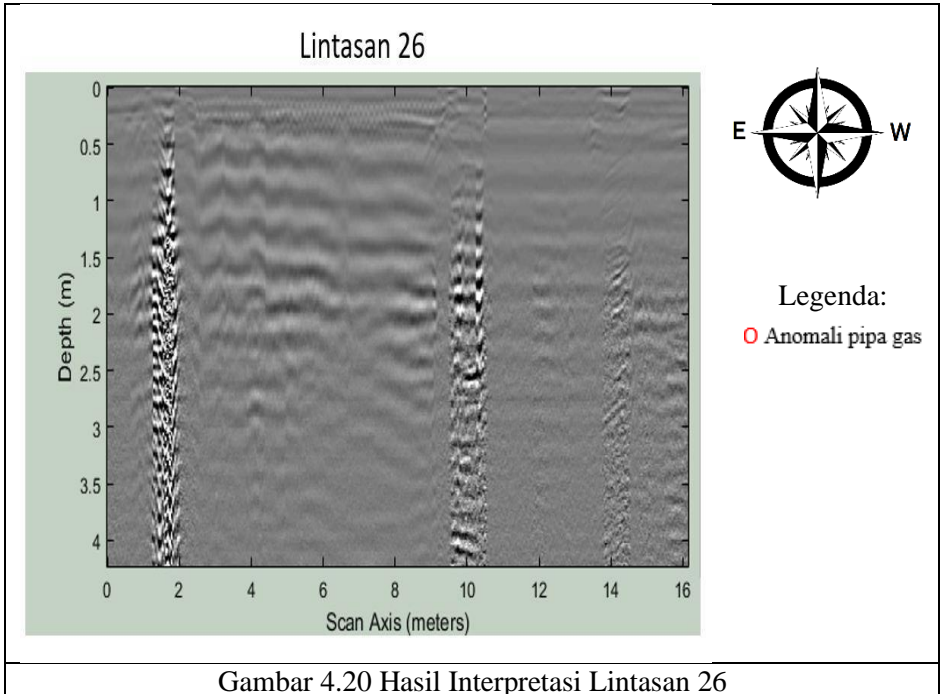


Gambar 4.19 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 25. Pada penampang radargram tersebut terlihat adanya anomaly pipa gas dari jarak 4,5 meter dengan kedalaman 0,5 meter.

#### **4.20. Analisis dan Pembahasan Lintasan 26**

Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 26 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 400 MHz. Pada akuisisi

data di lintasan 26 ini berada di atas jalan aspal dengan total panjang lintasan 26 adalah 16,1 meter.

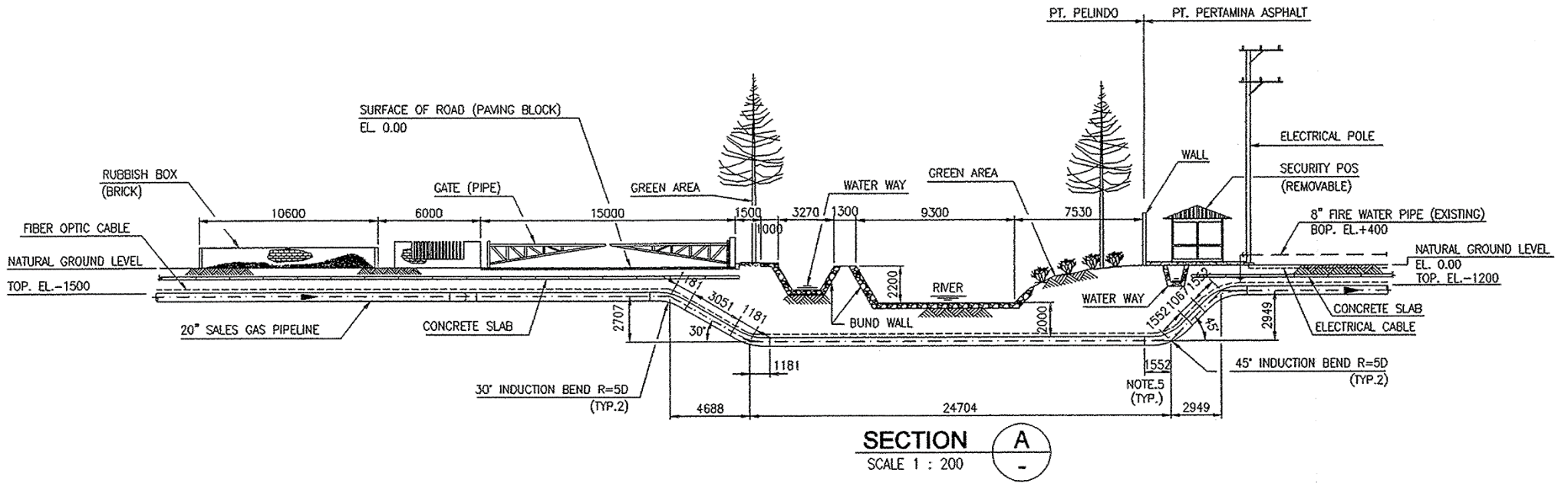


Gambar 4.20 Hasil Interpretasi Lintasan 26

Gambar 4.20 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 26 Pada penampang radargram tersebut tidak terlihat jelas adanya anomaly pipa gas.

Dari penampang lintasan 1-26 hasil dari metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) terdapat beberapa lintasan yang ditemukan adanya pipa gas codeco dan pipa gas pertamina. Setiap lintasan di akuisisi dengan arah orientasi timur-barat. Pada lintasan 6(pada Gambar 4.6), 7(pada Gambar 4.7), dan 8(pada gambar 4.8) dapat ditemukan 2 pipa gas yang ada yaitu pipa gas Kodeco 14 inci dan pipa gas 20 inci. Kedalaman kedua pipa tersebut ditemukan di 0,4 meter dan 1-1,2 meter. Sedangkan untuk lintasan 1,3,5,10,11,13,14,15,16,17,18,19,20,22,25 terlihat anomaly hiperbola yang di interpretasikan sebagai pipa gas yang dicari. Kedalamannya berkisar dari 0,3 meter hingga 1,1 meter. Untuk Lintasan 2, 4, 9, 12, 21, 23, 24, 26 tidak terlihat adanya anomali pipa gas yang jelas

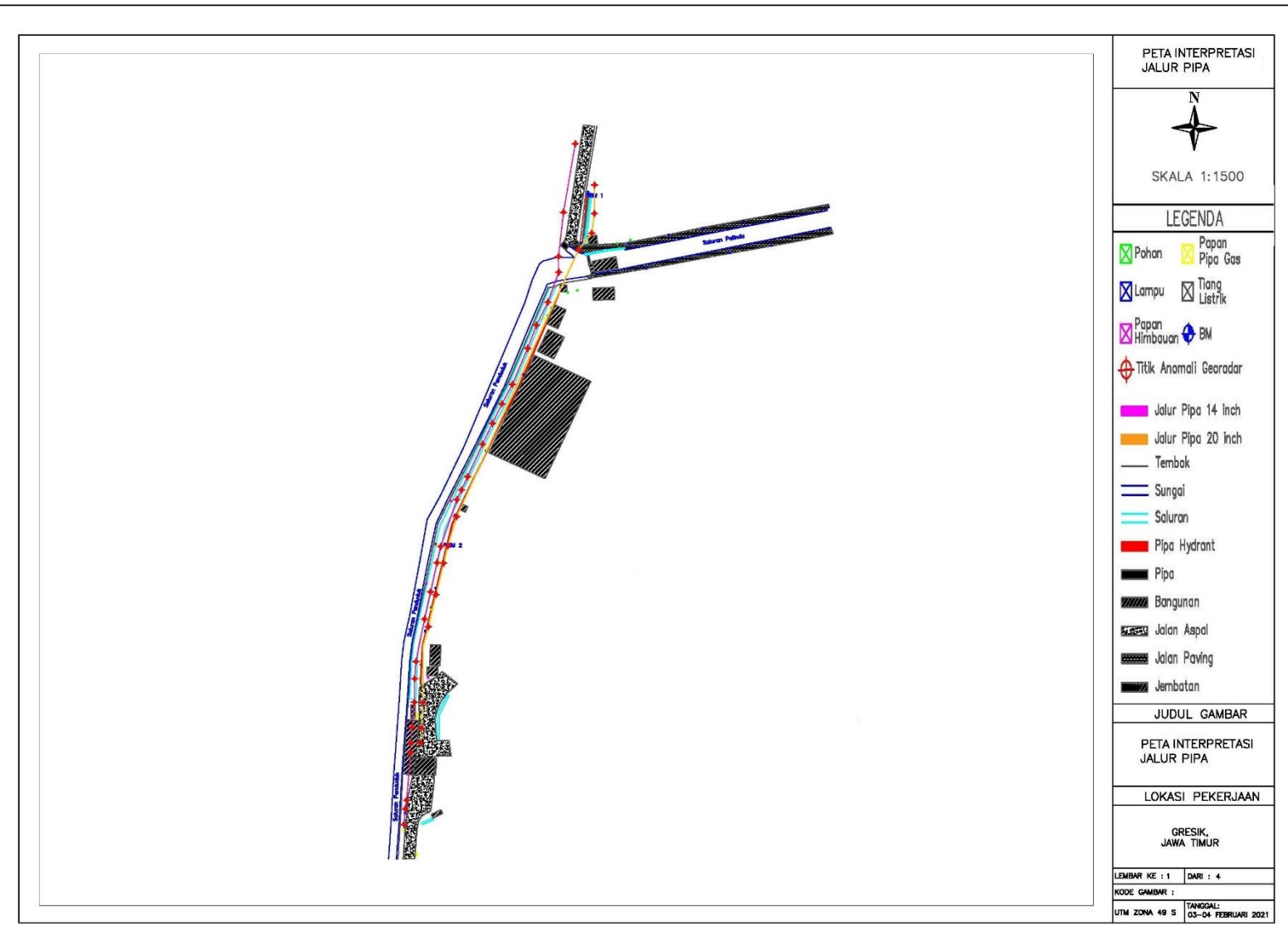
yang dikarenakan memang tidak terlihat anomali hiperbola apapun atau sinyal GPR tertahan oleh barrier beton yang tebal yang berada di atasnya. Dapat dilihat di Gambar 4.21 dimana concrete slab berada diatas pipa 20 inci pertama.



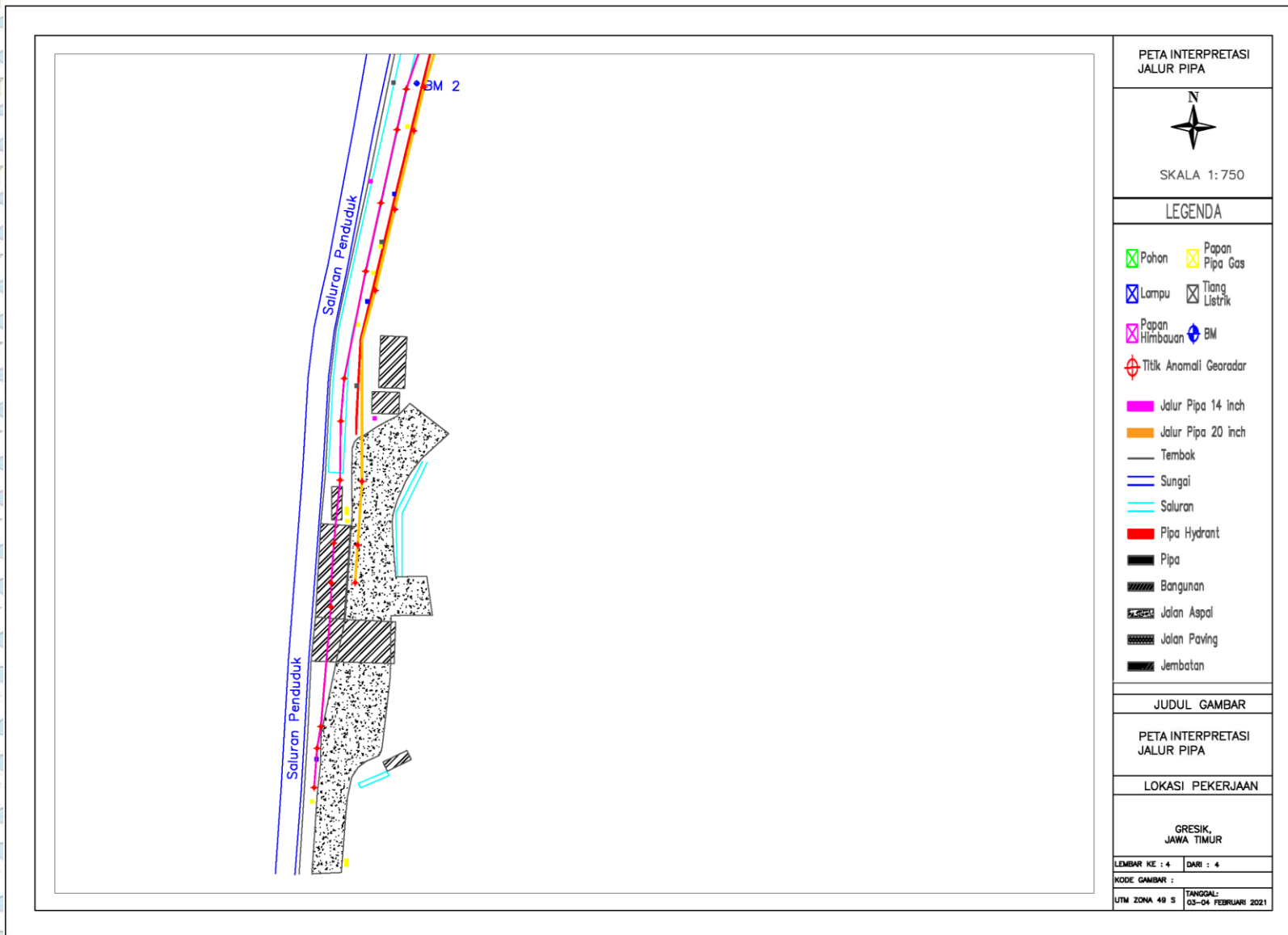
Gambar 4.21 Peta *Plan View* daerah penelitian

#### **4.21. Hasil Pemetaan Interpretasi Jalur Pipa**

Akuisisi data dilakukan dengan arah orientasi timur menuju barat dimana titik anomali bisa terlihat pada gambar 4.21-4.24 yang merupakan hasil interpretasi jalur pipa berdasarkan lintasan 1-26 yang telah dilakukan. Target anomali yang diidentifikasi sebagai pipa gas adalah anomali hiperbola. Skala yang digunakan adalah 1:1500 untuk bagian keseluruhan dan 1:750 untuk setiap bagian lainnya. Peta interpretasi jalur pipa yang ada di gambar 4.21-4.24 dibagi menjadi 4 bagian yaitu yang pertama adalah bagian besarnya dan 3 gambar lainnya ialah bagian tiap section nya.

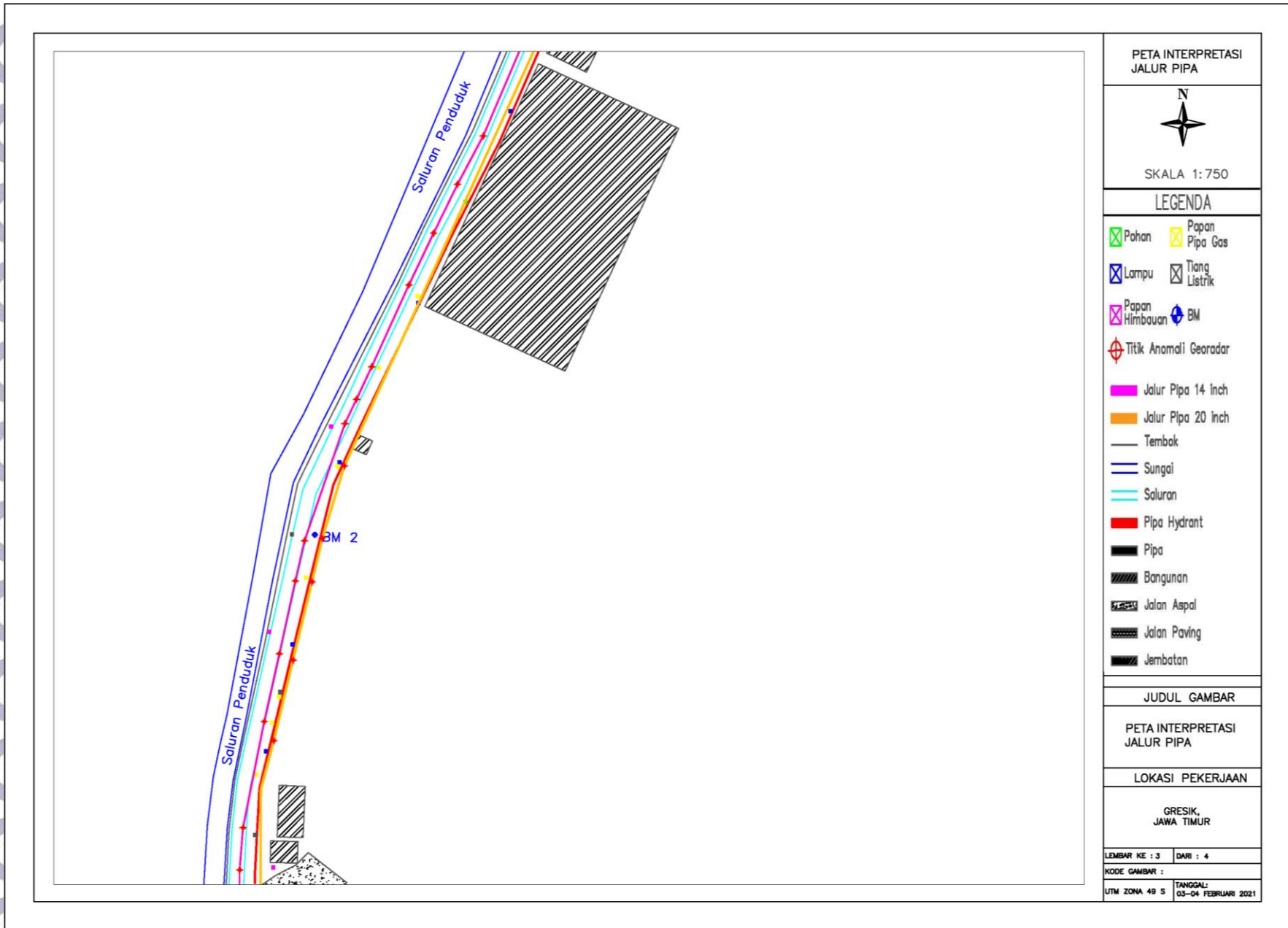


Gambar 4.22 Peta Interpretasi Jalur Pipa daerah Penelitian

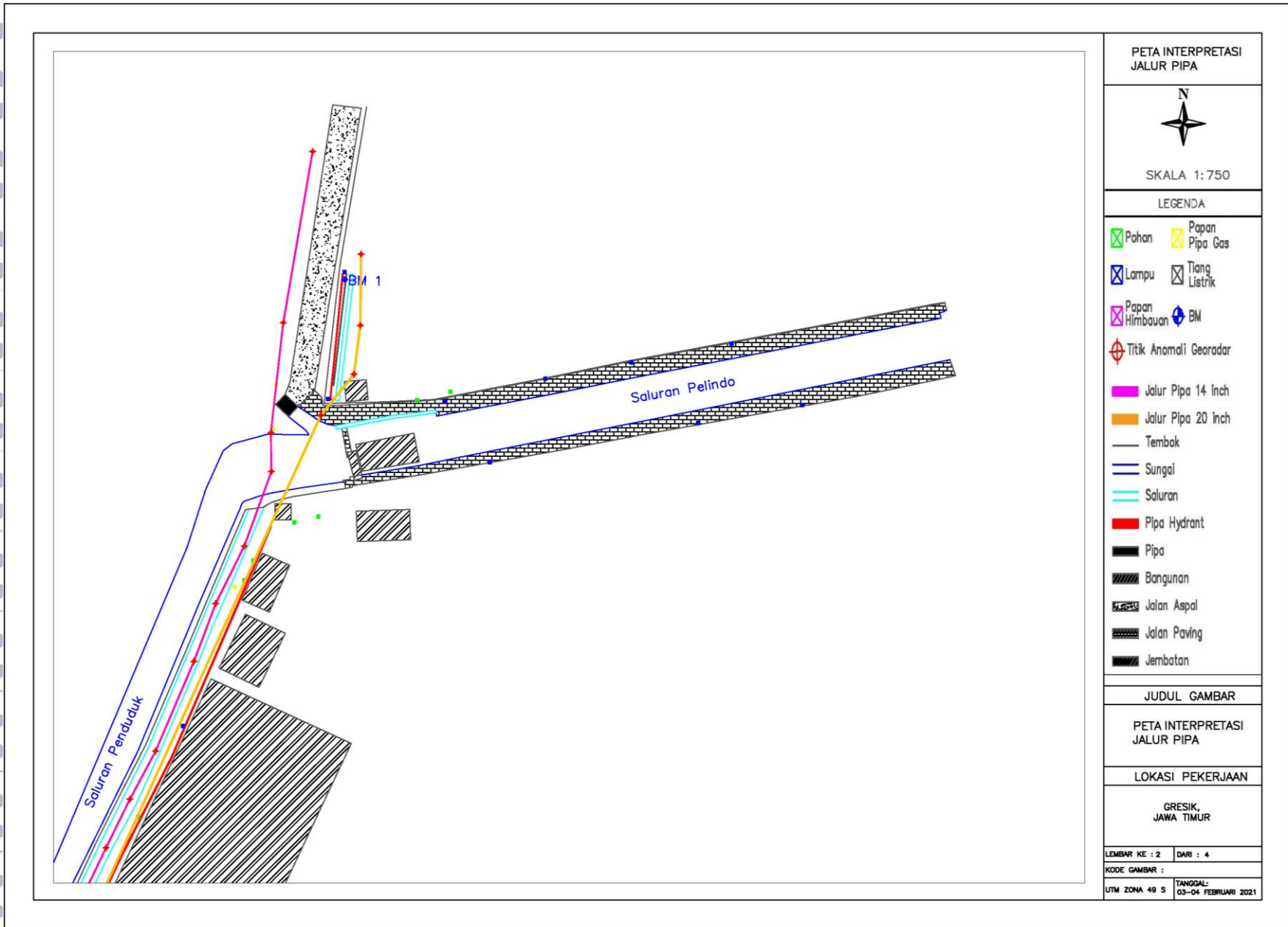


Gambar 4.23 Peta Interpretasi Jalur Pipa Lintasan 1-12





Gambar 4.24 Peta Interpretasi Jalur Pipa Lintasan 13-21



Gambar 4.25 Peta Interpretasi Jalur Pipa Lintasan 22-26

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Pada penelitian tugas akhir ini yang diinterpretasi pada data georadar adalah pipa gas. Dimana ditemukan pipa gas dengan kedalaman terdalam hingga 1,2 meter terbukti di lintasan 8
2. Ditemukan 2 pipa gas di lintasan 6,7 dan 8 dengan lebar 14 inci dan 20 inci. Ada beberapa lintasan yang tidak terlihat anomaly pipa gas nya, salah satu alasannya ialah adanya barrier beton

### **5.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil dan kesimpulan untuk membangun hipotesa-hipotesa selanjutnya antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan akurat, lintasan pengukuran dapat diperbanyak dan memperluas daerah pengukurannya.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan metode geofisika sebagai pembandingan hasil lapisan bawah permukaan.

*Halaman sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alan E. Musset, M. Aftab Khan . (1999). *Looking Into The Earth*. New York: New York pp 227-230.
- Algeo, J. S. (2016). Using GPR Early-Time Amplitude Analysis to Monitor Variations in Soil Water Content at A Clay-Rich Agricultural Site in Response to Irrigation. *Geological Society of America - 51st Annual Meeting of the North-Central Section*, DOI:10.1130/abs/2016NE-272017, 50-62.
- Arisona. (2009). *Migrasi Data Georadar Dengan Metode Pergeseran Fasa*. Makasar: Universitas Haluleo.
- Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia, Vol. IA*. The Hague: Gov. Printed Offices.
- Bosch, F. P., & Muller, I. (2001). Continuous Gradient VLF Measurements: A New Possibility For High Resolution Mapping Of Karst Structures. *First Break*, 343-350.
- Boubekraoui, S., Courteaud, M., Aubert, M., & Coudray, J. (1998). New Insights into the Hydrogeology of a Basaltic Shield Volcano from a Comparison between Self-Potential and Electromagnetic Data: Piton de la Fournaise, Indian Ocean. *Journal of Applied Geophysics*, 165-177.
- Connor, C., Sanford, W. E., & MacNeil, R. (2005). Geophysical Investigations of Volcano Hydrogeology at Masaya Caldera, Nicaragua.
- Daniel, D. (1996). *High Resolution Radar Detection of Buried Anti-Personnel Mines for Humanitarian Clearing Operations. Proceedings of The 6th International Symposium on Measurement and Control in Robotics*. Brussel: pp. 542-551.
- Hugenschmidt, J., Maser, K., Dawley, C. B. (1997). *High Resolution Radar Detection of Buried Anti-Personnel Mines for Humanitarian Clearing Operation*. Duebendorf: ISMRC (International Smposium on Measurement and Control in Robotic).
- Jacob, R. (2015). Ground-Penetrating Radar Velocity Determination and Precision Estimates Using Common-Mid-Point (CMP) Collection with Hand-Picking, Semblance Analysis, and Cross-Correlation Analysis: a Case Study and Tutorial for Archaeologists. *Bucknell Digital Commos, Bucknell University*, 19.

- Katili, J. A. (1989). *Geologi Indonesia*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Lane, J. W., Heni, F. P., Placzek, G., Wright, D. (1996). *Use of Borehole Data Methode to Detect A Saline Tracer in Fractured Crystalline Bedrock at Mirror Lake Grafton Country, New Hampshire, USA*. New Hampshire: Conference GPR pp. 185-190.
- Pasasa, L. (1999). *Modeling of Ground Penetrating Radar Data*. Surabaya: PIT-HAGI 24.
- Potensi Kabupaten dan Kota Mojokerto*. (n.d.). Retrieved Januari 23, 2018, from bappeda.jatimprov.go.id: <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensi-kab-kota-2013/kab-mojokerto-2013.pdf>
- Pratiknyo, P. (2016). Hidrogeologi Kawasan Cagar Budaya Gunung Penanggungan. *JIK TekMin, Volume 28 Nomor 1*.
- Quan, Y., Harris, Y. M. (1997). *Seismic Attenuation Tomography Using The Frequency Shift Methode*. New York: Geophysic 62, 895-905.
- Rios-Sanchez, M., Gierke, J. S., & Munoz-Martinez, T. (2012). Hydrogeological Characterization of the Plateaus Region of the Quito Aquifer System Using Remote Sensing, Digital Geomorphology, and Geophysics. *Conference: World Environmental and Water Resources Congress*.
- Rochman, J. W. (2017). Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Mengetahui Bawah Permukaan di Komplek Candi Belahan (Candi Gapuro). *Geosaintek*, 93-98.
- Sandmierer, K. J. (2012). *Reflexw for Ground Penetrating Radar*. Jerman: Karlsruhe.
- Santoso, D. (2009). *Kapita Selektta Ilmu dan Teknik Geofisika Ground Penetrating Radar Panduan REFLEXW Versi 5.5*. Bandung: ITB.
- Supardjono dan Haryono. (1992). *Peta Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Jakarta: ESDM vol. 16.
- Telford, W. M. (2012). *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wostman, M. (1998). Investigation of dielectric properties of brick materials as a function of moisture and salt content using a microwave impulse technique at very high frequencies. *NDT & E International Valume 31 issue 4*, 259 -263.

## **BIOGRAFI PENULIS**

Taufik Ramadhan lahir di Surabaya, 17 Oktober 1997. Penulis menempuh pendidikan antara lain di SDN Sukasari 4 Tangerang (2002-2008), SMP RSBI 1 Tangerang (2008-2011), SMAN 1 Tangerang (2011-2014), dan pada tahun 2014 penulis diterima di Jurusan Teknik Geofisika ITS melalui jalur mandiri.

Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS, penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi mahasiswa. Beberapa organisasi yang penulis ambil bagian adalah Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG) ITS 2017 sebagai staff Divisi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM), Staff ahli biro Geopreuner tahun 2018, sebagai anggota SPE SC ITS pada tahun 2016 , dan menjadi perwakilan mentoring milik Lembaga KMTG Al-Ardh (2017). Penulis juga mengikuti LKMM tingkat pra Tingkat Dasar. Untuk kegiatan lapangan, penulis mengikuti kegiatan di Waringinanom, Gresik dan Kuliah lapangan pada LIPI Karangasambung, Kebumen, Jawa Timur.

Apabila ingin berdiskusi lebih lanjut terkait Tugas Akhir dapat menghubungi penulis melalui alamat e-mail [taufikramadhan301@gmail.com](mailto:taufikramadhan301@gmail.com) . Sekian dan terimakasih.