



TUGAS AKHIR - RF141501

PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH
TANGGULANGIN, SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN METODA
GROUND PENETRATING RADAR (GPR)

ELFARABI

NRP - 3712 100 006

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 1988031002

Firman Syaifudin, S.Si, MT
NIP. 19840911 201404 1001

JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RF141501

**PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH
TANGGULANGIN, SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN
METODA *GROUND PENETRATING RADAR (GPR)***

ELFARABI
NRP - 3712 100 006

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 1988031002

Firman Syaifudin, S.Si, MT
NIP. 19840911 201404 1001

JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Surabaya 2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**SUBSURFACE IMAGING IN TANGGULANGIN, SIDOARJO
USING GROUND PENETRATING RADAR (GPR) METHOD**

ELFARABI
NRP - 3712 100 006

Advisors

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 1988031002

Firman Syaifudin, S.Si, MT
NIP. 19840911 201404 1001

GEOPHYSICAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL AND PLANOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Surabaya 2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

**PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH
TANGGULANGIN, SIDOARJO DENGAN
MENGUNAKAN METODA *GROUND
PENETRATING RADAR (GPR)***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 23 Januari 2017

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1,

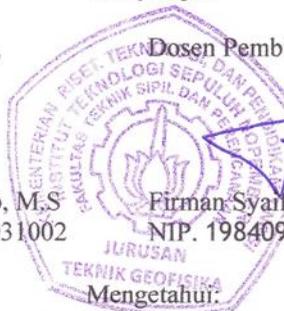


Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 1988031002

Dosen Pembimbing 2,



Firman Syarifudin, S.Si, MT
NIP. 19840911 201404 1001



Kepala Laboratorium
Geofisika Teknik Lingkungan



Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
NIP. 19591010 1988031002

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN METODA *GROUND PENETRATING RADAR* (GPR)” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan 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 sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 23 Januari 2017

Elfarabi
Nrp 3712100006

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

**PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH
TANGGULANGIN, SIDOARJO DENGAN
MENGUNAKAN METODA *GROUND
PENETRATING RADAR (GPR)***

Nama Mahasiswa : Elfarabi
NRP : 3712 100 006
Jurusan : Teknik Geofisika ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
Firman Syaifudin, S.Si, MT

ABSTRAK

Pengukuran dengan menggunakan *Ground Penetrating Radar (GPR)* dilakukan di kawasan lumpur Sidoarjo tepatnya di daerah Tanggulangin, Sidoarjo, agar dapat memetakan bawah permukaan di daerah ini. *Ground Penetrating Radar* adalah metoda geofisika yang dikembangkan sebagai salah satu alat bantu untuk penelitian geologi bawah permukaan dangkal dengan menggunakan prinsip dari gelombang elektromagnetik dan memiliki hasil yang rinci. Penelitian ini dilakukan di utara pusat semburan lumpur dengan mengambil data sebanyak 15 lintasan, setelah itu data di olah menggunakan software *MatGPR R3-5*. Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui bawah permukaan pada daerah penelitian sudah tidak stabil hal ini dikarenakan efek dari semburan Lumpur Sidoarjo.

Kata Kunci: *Ground Penetrating Radar (GPR)*, Lumpur Sidoarjo, Pemetaan bawah permukaan

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

SUBSURFACE IMAGING IN TANGGULANGIN, SIDOARJO USING GROUND PENETRATING RADAR (GPR) METHOD

Name of Student : Elfarabi
Student ID Number : 3712 100 006
Department : Teknik Geofisika ITS
Advisor Lecture : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S
Firman Syaifudin, S.Si, MT

ABSTRACT

Measurements with Ground Penetrating Radar (GPR) has been applied for subsurface imaging of Lumpur Sidoarjo eruption in Tanggulangin, Sidoarjo. Ground Penetrating Radar is geophysical method which develop as one of devices for low subsurface geological research that use electromagnetic wave principle and it has very detailed result. This research is located in the north side of the mudflow center used data from 15 line, then the data was processed using *MatGPR R3-5* software. Based on the processing result is known that subsurface in the measurement areas are unstable caused by the Sidoarjo's Mud Volcano Eruption.

Key Word: Ground Penetrating Radar (GPR), Lumpur Sidoarjo, Subsurface Imaging

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul “PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO DENGAN MENGGUNAKAN METODA *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, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, Bunda, Mbak Ghifa, Mbak Haka, Adik Fajri, Sasa dan semua keluarga berkat dukungan moril maupun materi selama penulis menjalani tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua jurusan Teknik Geofisika ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Amien Widodo, M.S dan Bapak Firman Syaifudin, S.Si, MT, selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Ilham, Zaky, Fahmi Mas Shadik, dan Mas Angga yang telah membantu dalam pengambilan data GPR dilapangan dan dalam pengolahan data.
5. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
6. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2012 dan UMEL atas semangat dan dukungannya.
7. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 23 Januari 2017

Elfarabi

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	vi
PERNYATAAN KEASLIAN	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xii
KATA PENGANTAR	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Metoda <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	3
2.2. Gelombang Elektromagnetik	4
2.3. Koefisien Dielektrik	6
2.4. Geologi Regional	7
2.5. Amblesan	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Lokasi Penelitian	11
3.2. Peralatan	12
3.3. Metodologi Penelitian	12
3.3.1. Tahap Pelaksanaan Penelitian	12
3.3.2. Tahap Persiapan	13

3.3.3.	Tahap Pengolahan Data	14
3.3.4.	Tahap Akhir	34
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
4.1.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 1	35
4.2.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 2	44
4.3.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 3	49
4.4.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 4	53
4.5.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 5	56
4.6.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 6	58
4.7.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 7	60
4.8.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 8	61
4.9.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 9	62
4.10.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 10	64
4.11.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 11	67
4.12.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 12	67
4.13.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 13	68
4.14.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 14	68
4.15.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 15	68
4.16.	Analisis bawah Permukaan	72
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1.	Kesimpulan	75
5.2.	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		77
PROFIL PENULIS		79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara Kerja Ground Penetrating Radar (GPR) (Budiono, dkk, 2010).....	3
Gambar 2. 2 Peta Geologi daerah Pengukuran (Badri dll, 2007).....	8
Gambar 2. 3 Contoh pola rekahan pada struktur menembus aktif (active piercement structures) tampak atas, (b) penampang bawah permukaan dari pola rekahan pada stuktur menembus aktif (active piercement structures) (Yin & Jr, 2004).....	10
Gambar 3. 1 Daerah Penelitian dilakukan sepanjang garis kuning dengan sebanyak 15 lintasan pengukuran. (Google Earth 2016)	11
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian	13
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data	14
Gambar 3. 4 Window Trace Viewer, digunakan untuk memilih sinyal yang akan di potong	15
Gambar 3. 5 Hasil setelah dilakukan proses <i>Adjust Signal Position</i>	16
Gambar 3. 6 Hasil setelah dilakukan proses <i>Dewow Filter</i>	16
Gambar 3. 7 Permodelan antenuasi dalam proses <i>Inverse Amplitude Decay</i>	17
Gambar 3. 8 Hasil setelah dilakukan proses <i>Inverse Amplitude Decay</i> dengan menggunakan permodelan <i>median attenuation</i>	18
Gambar 3. 9 Hasil setelah dilakukan proses <i>Inverse Amplitude Decay</i> dengan menggunakan permodelan <i>mean attenuation</i>	18
Gambar 3. 10 Hasil setelah dilakukan proses <i>Removal Global Background</i>	19
Gambar 3. 11 Window untuk memasukan parameter <i>mean spatial filter</i>	20
Gambar 3. 12 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 1 dan <i>scan axis</i> 1	20
Gambar 3. 13 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 1 dan <i>scan axis</i> 3	21
Gambar 3. 14 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 1 dan <i>scan axis</i> 5	21
Gambar 3. 15 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 1 dan <i>scan axis</i> 7	22
Gambar 3. 16 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 3 dan <i>scan axis</i> 1	22
Gambar 3. 17 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 5 dan <i>scan axis</i> 1	23

Gambar 3. 18 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 7 dan <i>scan axis</i> 1	23
Gambar 3. 19 Hasil setelah dilakukan proses <i>mean spatial filter</i> dengan <i>time axis</i> 4 dan <i>scan axis</i> 6	24
Gambar 3. 20 Window untuk memilih sinyal yang diinginkan	25
Gambar 3. 21 Hasil setelah dilakukan proses <i>band pass filter</i>	25
Gambar 3. 22 Window untuk memasukan parameter <i>eigenvectors</i>	26
Gambar 3. 23 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 1	26
Gambar 3. 24 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 3	27
Gambar 3. 25 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 6	27
Gambar 3. 26 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 9	28
Gambar 3. 27 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 12	28
Gambar 3. 28 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 15	29
Gambar 3. 29 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 18	29
Gambar 3. 30 Hasil setelah dilakukan proses <i>karhunen loeve filter</i> dengan menggunakan <i>eigenvector</i> 21	30
Gambar 3. 31 Window untuk memasukan jumlah lapisan	30
Gambar 3. 32 Window untuk memasukan nilai kecepatan pada lapisan	31
Gambar 3. 33 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D phase shifting migration</i> dengan kecepatan lapisannya 0.05 m/ns	31
Gambar 3. 34 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D phase shifting migration</i> dengan kecepatan lapisannya 0.06 m/ns	32
Gambar 3. 35 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D phase shifting migration</i> dengan kecepatan lapisannya 0.07 m/ns	32
Gambar 3. 36 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D phase shifting migration</i> dengan kecepatan lapisannya 0.08 m/ns	33
Gambar 3. 37 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D phase shifting migration</i> dengan kecepatan lapisannya 0.09 m/ns	33
Gambar 3. 38 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D phase shifting migration</i> dengan kecepatan lapisannya 0.1 m/ns	34
Gambar 3. 39 Hasil setelah dilakukan proses <i>1-D time to depth conversion</i>	34

Gambar 4. 1 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 1, 2 dan 3	36
Gambar 4. 2 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 4, 5 dan 6	37
Gambar 4. 3 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 7 dan 8	38
Gambar 4. 4 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 9, 10 dan 11	39
Gambar 4. 5 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 12, 13 dan 14	41
Gambar 4. 6 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 15, 16 dan 17	42
Gambar 4. 7 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 18, 19 dan 20	43
Gambar 4. 8 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 1, 2 dan 3	45
Gambar 4. 9 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 4, 5 dan 6	46
Gambar 4. 10 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 7, 8 dan 9	47
Gambar 4. 11 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 10, 11 dan 12	48
Gambar 4. 12 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 1, 2 dan 3	49
Gambar 4. 13 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 4, 5 dan 6	50
Gambar 4. 14 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 7 dan 8	51
Gambar 4. 15 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 9, 10 dan 11	52
Gambar 4. 16 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 12, 13 dan 14	53
Gambar 4. 17 Radargram hasil data lintasan 4 bagian 1 dan 2	54
Gambar 4. 18 Radargram hasil data lintasan 4 bagian 3, 4 dan 5	55
Gambar 4. 19 Radargram hasil data lintasan 4 bagian 6 dan 7	56
Gambar 4. 20 Radargram hasil data lintasan 5 bagian 1 dan 2	57
Gambar 4. 21 Radargram hasil data lintasan 5 bagian 3 dan 4	58
Gambar 4. 22 Radargram hasil data lintasan 6	59
Gambar 4. 23 Radargram hasil data lintasan 7	60
Gambar 4. 24 Radargram hasil data lintasan 8	61
Gambar 4. 25 Radargram hasil data lintasan 9 bagian 1, 2, 3 dan 4	63
Gambar 4. 26 Radargram hasil data lintasan 9 bagian 5, 6, 7 dan 8	64
Gambar 4. 27 Radargram hasil data lintasan 10	65
Gambar 4. 28 Radargram hasil data lintasan 11	66
Gambar 4. 29 Radargram hasil data lintasan 12	67
Gambar 4. 30 Radargram hasil data lintasan 13	69
Gambar 4. 31 Radargram hasil data lintasan 14	70
Gambar 4. 32 Radargram hasil data lintasan 15	71
Gambar 4. 33 Peta 2D Lapisan pada daerah pengukuran	73
Gambar 4. 34 Overlay Peta 2D Lapisan pada daerah pengukuran	74

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada tanggal 29 Mei 2009 menjadi sejarah penting di kabupaten Sidoarjo Jawa Timur, karena peristiwa keluarnya gas dan lumpur panas dari bawah permukaan, hari itu menjadi awal bencana yang terus berkelanjutan sampai sekarang. Lumpur panas yang keluar dari bawah permukaan dengan volume 50.000 m³/hari yang terjadi di beberapa lubang semburan, yang akhirnya menjadi satu lubang dengan volume lumpur panas yang dikeluarkan mencapai 126.000 m³/hari pada bulan Mei-Agustus 2006. Melihat besarnya volume lumpur yang dikeluarkan diyakinkan bahwa akan terjadi amblesan di daerah tersebut, jika terjadinya amblesan yang dikarenakan oleh keluarnya lumpur ke permukaan, maka disekitar amblesan akan terjadi rekahan atau kerusakan bangunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji bawah permukaan untuk memberi informasi kondisi bawah permukaan.

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pemetaan bawah permukaan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo dengan menggunakan metoda geofisika yaitu *Ground Penetrating Radar* (GPR). GPR merupakan teknik eksplorasi geofisika yang menggunakan gelombang elektromagnetik, yang digunakan untuk mendeteksi objek-objek yang terkubur di dalam tanah. Metoda ini memiliki cara kerja yang sama dengan radar konvensional. GPR mengirim sinyal energi antara 10-1000MHz ke dalam tanah oleh antena pemancar lalu mengenai suatu lapisan objek dengan suatu konstanta dielektrik (permitivitas) berbeda selanjutnya sinyal akan dipantulkan kembali dan diterima oleh antena penerima, waktu dan besar sinyal yang direkam. Metoda ini bersifat non destruktif dan mempunyai resolusi tinggi terhadap kontras dielektrik material bumi. Metode GPR juga mampu mendeteksi karakteristik bawah permukaan tanah tanpa dilakukan pengeboran ataupun penggalian (Arisona, 2009).

Metode GPR dipilih karena dapat digunakan sebagai alat bantu penelitian geologi bawah permukaan, pemetaan bawah permukaan dangkal, dan metoda ini memiliki resolusi yang tinggi (Budiono, dkk, 2010). Penelitian ini memetakan bawah permukaan karena agar dapat melihat lapisan bawah permukaan yang di sebabkan oleh Lumpur Sidoarjo.

Dengan menggunakan metoda geofisika ini diharapkan dapat memetakan dan mengindikasikan perlapisan bawah permukaan di daerah kecamatan Tanggulangin, agar dapat dilakukan kajian untuk lebih lanjutnya.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dituliskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana memetakan bawah permukaan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo, Jawa Timur berdasarkan metoda GPR dengan menggunakan perangkat lunak *MatGPR*.
2. Bagaimana kondisi gambaran bawah permukaan yang dihasilkan oleh perangkat lunak *MatGPR*.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan metoda GPR yang dilakukan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo.
2. Penelitian ini menggunakan metoda GPR yang akan digunakan untuk pemetaan bawah permukaan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui gambaran bawah permukaan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo, Jawa Timur dengan menggunakan metoda GPR.
2. Menganalisa gambaran bawah permukaan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo, Jawa Timur dengan menggunakan metoda GPR.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

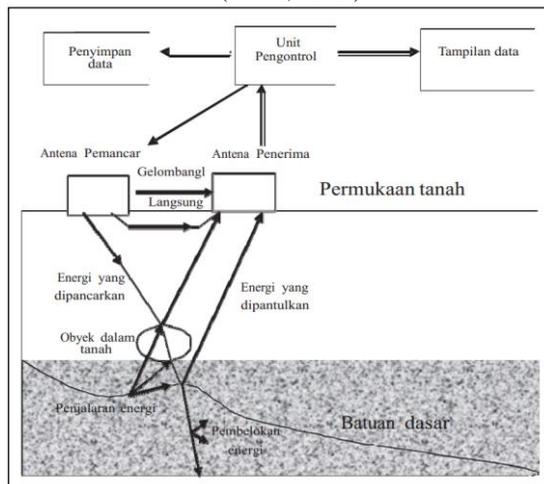
1. Memberikan gambaran permukaan bawah di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo.
2. Dapat dijadikan data pembading dengan data Geologi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Metoda *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) pada bidang geofisika sering dikenal sebagai Ground Radar atau Georadar, metoda geofisika ini menggunakan sinyal gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik akan dipancarkan ke dalam bumi dan direkam oleh antenna pada saat gelombang telah mencapai permukaan. Gelombang elektromagnetik diteruskan, dipantulkan dan dihamburkan oleh struktur permukaan dan anomali jika terdapat di bawah permukaan. Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan dan dihamburkan akan direkam oleh antenna di permukaan. Metoda ini dapat menghasilkan gambaran bawah permukaan dengan resolusi yang tinggi, karena gelombang yang dipancarkan oleh GPR memiliki frekuensi sekitar 10 – 1000Mhz.

Teknik penggunaan metoda *Ground Penetrating Radar* adalah sistem *Electromagnetic Subsurface Profiling* (ESP), dengan cara memanfaatkan pengembalian gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui permukaan tanah dengan perantara antenna. Pemancaran dan pengembalian gelombang elektromagnetik berlangsung cepat sekali yaitu dalam satuan waktu nanosecond (Allen, 1979).



Gambar 2. 1 Cara Kerja *Ground Penetrating Radar* (GPR) (Budiono, dkk, 2010)

Komponen pada alat GPR untuk konfigurasi data di lapangan ialah *control units*, *antenna transmitter* dan *antenna receiver*. Pada konfigurasi data komponen tersebut memiliki kegunaannya ialah:

1. *Control Units*

Control Units adalah pengatur pengumpulan data komputer yang memberikan informasi lengkap, bagaimana prosedur yang harus dilakukan, dan kapan saat sistem diaktifkan, *Control Units* mengatur *transmitter* dan *receiver*. Selain itu juga menyimpan track dari tiap posisi dan waktu. Biasanya waktu yang digunakan untuk mengambil sebuah trace sangat singkat sehingga tidak perlu dihentikan tiap titik pengukuran. Selain itu, pengumpulan data dapat pula dilakukan dengan berjalan sepanjang garis pengukuran. *Control Units* menyimpan data dan ditransfer ke komputer.

2. *Transmitter*

Transmitter dapat menghasilkan gelombang elektromagnetik dan mengirimnya pada daerah sekitar pengukuran, khususnya kedalam medium yang diobservasi.

3. *Receiver*

Receiver dapat mengkonversi sinyal yang diterima antena ke bentuk nilai integer.

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan GPR dengan konfigurasi antena *transmitter* dan *receiver* mode bistatik. Mode bistatik ialah antena *transmitter* dan *receiver* yang memiliki jarak pemisah.

Pengukuran dengan menggunakan GPR ini merupakan metode yang sangat tepat untuk mendeteksi bawah permukaan dengan kedalaman 0-10 meter, metoda ini dapat menghasilkan resolusi yang tinggi atau konstanta dielektriknya rendah. Karena itu metoda GPR sering digunakan oleh para peneliti untuk mengaplikasikan arkeologi, teknik sipil, pengindikan dan instalasi bawah permukaan (Daniel, 2004).

2.2. Gelombang Elektromagnetik

Metoda Ground Penetrating Radar didasarkan atas permasamaan Maxwell yang merupakan rumus matematis untuk hukum-hukum alam yang mendasari semua fenomena elektromagnetik. Persamaan Maxwell dirumuskan sebagai berikut,

$$\bar{\nabla} \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (2.1)$$

$$\bar{\nabla} \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2.2)$$

$$\bar{\nabla} \cdot E = q \quad (2.3)$$

$$\bar{\nabla} \cdot B = 0 \quad (2.4)$$

Persamaan 2.1 diturunkan dari hukum Faraday yang menyatakan bahwa perubahan fluks magnetik menyebabkan medan listrik dengan gaya gerak listrik berlawanan dengan variasi fluks magnetik yang menyebabkannya. Persamaan 2.2 merupakan generalisasi teorema Ampere dengan memperhitungkan hukum kekekalan muatan. Persamaan tersebut menyatakan bahwa medan magnet timbul akibat fluks total arus listrik yang disebabkan oleh arus konduksi dan arus perpindahan. Persamaan 2.3 menyatakan hukum Gauss yaitu fluks elektrik pada suatu ruang sebanding dengan muatan total yang ada dalam ruang tersebut. Sedangkan persamaan 2.4 yang identik dengan persamaan 2.3 berlaku untuk medan magnet.

Hubungan antara intensitas medan dengan fluks yang terjadi pada medium dinyatakan oleh persamaan berikut,

$$B = \mu H \quad (2.5)$$

$$D = \varepsilon E \quad (2.6)$$

$$j = \sigma E = \frac{E}{\rho} \quad (2.7)$$

Untuk menyederhakan masalah, sifat fisik medium diasumsikan tidak bervariasi terhadap waktu dan posisi (homogen isotropic). Dengan demikian akumulasi muatan seperti dinyatakan pada persamaan 2.3 tidak terjadi dan persamaan Maxwell dapat ditulis kembali sebagai berikut,

$$\bar{\nabla} \times E = -\mu \frac{\partial \bar{H}}{\partial t} \quad (2.8)$$

$$\bar{\nabla} \times H = \sigma E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} \quad (2.9)$$

$$\bar{\nabla} \cdot E = 0 \quad (2.10)$$

$$\bar{\nabla} \cdot H = 0 \quad (2.11)$$

Respon medan elektromagnetik pada batuan di bawah permukaan pada kedalaman yang dalam, dapat diperoleh dengan menaikkan periode saat melakukan *sounding*. Prinsip ini sesuai dengan persamaan elektromagnetik *skin depth* yang menggambarkan kedalaman penetrasi

gelombang elektromagnetik ketika berdifusi ke dalam suatu medium (Simpson & Bahr, 2005):

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu_0}} = 500\sqrt{\rho T} \quad (2.12)$$

Dimana:

E = Medan Listrik (V/m)

B = Fluks atau induksi magnetik (Weber/m² atau Tesla)

H = Medan Magnet (A/m)

q = Rapat muatan Listrik (C/m³)

D = Perpindahan Listrik (C/m²)

j = Rapat Arus Listrik (A/m²)

μ = Permeabilitas Magnetik (H/m)

ϵ = Permittivitas Listrik (Farad/m)

σ = Konduktivitas (Ω^{-1} /m atau Siemens/m)

δ = *skin depth* (m)

$\omega = 2\pi f$

f = frekuensi (Hz)

ρ = resistivitas ($\Omega.m$)

T = Periode (s)

μ_0 = Permeabilitas Magnet di udara / ruang vakum = $4\pi \times 10^{-7}$ (H/m)

Persamaan 2.12 menunjukkan bahwa *skin depth* tidak hanya bergantung pada nilai resistivitas batuan dibawah permukaan, tapi juga bergantung pada periode atau frekuensi alat yang digunakan. Semakin tinggi frekuensi alat yang digunakan maka akan semakin dangkal penetrasinya. Sebaliknya, semakin rendah frekuensi alat yang digunakan, semakin dalam pula penetrasi yang didapatkan.

2.3. Koefisien Dielektrik

Kecepatan gelombang elektromagnetik pada suatu medium selalu lebih rendah jika dibandingkan dengan kecepatan gelombang elektromagnetik di udara. Pada tabel 2.1 menjelaskan gelombang elektromagnetik melewati medium yang memiliki permitivitas lebih tinggi dibandingkan ketika merambat pada medium yang memiliki permitivitas lebih rendah.

Tabel 2. 1 Nilai Parameter Fisis dari beberapa material (Annan, 2003)

Material	ϵ_0	σ (ms/s)	v (m/s)	α (dB/m)
Udara	1	0	0.3	0
Air Distilasi	80	0.01	0.033	2×10^{-2}
Air Murni	80	0.5	0.033	0.1
Air Laut	80	3×10^3	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. Geologi Regional

Daerah Tanggulangin dan Pusat semburan termasuk pada cekungan Jawa Timur Utara. Cekungan Jawa Timur Utara dibagi menjadi tiga bagian yaitu; bagian selatan (gunung api aktif); bagian cekungan laut transgresi; dan bagian utara (pegunungan). Di bagian tengah terjadi pembentukan terumbu karang (*reef*) dan pengendapan sediment klastik yang bersumber dari utara. Bersamaan dengan itu terjadi aktivitas tektonik dan letusan gunung api yang berlangsung secara terus-menerut, hal ini mengakibatkan tertutupnya lapisan sedimen. Aktivitas tektonik tersebut mengakibatkan struktur daerah tersebut menjadi kompleks yaitu antara struktur lipatan, patahan, dan diapir. Oleh karena itu didaerah tersebut menjadi target utama pencarian minyak bumi atau gas bumi (Widodo 2007).

Berdasarkan peta geologi tata lingkungan Kabupaten Sidoarjo (gambar 2.2), yang diterbitkan oleh Pusat Lingkungan Geologi (Badri dll, 2007), menjelaskan bahwa kecamatan Tanggulangin sebagian besar termasuk pada zona tidak layak karena, termasuk pada zona yang berpotensi bahaya geologi kelas tinggi, zona ini juga termasuk zona yang memiliki resiko semburan lumpur, amblesan tanah labil. Selain itu pada daerah pengukuran juga di dominasi oleh daerah yang di pengaruhi oleh zona penurunan.



Gambar 2. 2 Peta Geologi daerah Pengukuran (Badri dll, 2007)

Bersarkan peta geologi kecamatan Tanggulangin dan Pusat semburan termasuk pada peta geologi Lembar Malang, yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Santoso dan Suwarti 1992), berikut penjelasan dari formasi yang terdapat:

1. Aluvium

Endapan aluvium terdiri atas kerakal-kerikil, pasir, lempung, dan lumpur yang merupakan endapan sungai dan endapan pantai.

2. Tuf Rabano

Tuf pasiran, berwarna kuning keruh hingga coklat terang, berbutir pasir kasar hingga halus, setempat terdapat pecahan batuan berukuran kerakal yang tersebar tak merata, berkomponen mineral terang, andesit, kaca, dan pasir gunung api.

3. Batuan Gunung Api Kuarter Atas

Batuan gunung api kuarter atas terdiri dari gunung breksi gunung api, lava, tuf, breksi tufan, aglomerat, dan lahar. Breksi gunung api, berwarna kelabu, hitam, dan coklat, berbutir lapilli hingga bom, menyudut-membundar tanggung, bersusunan andesit-basal. Lava, kelabu tua, hitam, dan kehijauan, bersusunan andesit hingga basal, porfiri, fenikris terdiri atas feldspar dan piroksin dengan massa dasar mikrolit, olivine, mineral bijih, dan kaca.

4. Batuan Gunung Api Kuarter Tengah

Satuan batuan terdiri atas breksi gunung api, tuf, lava aglomerat, dan lahar. Breksi gunung api, berwarna kelabu, hitam, dan coklat, menyudut-

membundar tanggung, bersusunan andesit. Lava kelabu gelap, hitam, dan kehijauan, bersusunan andesit hinggal basal, porfiri, fenokris berupa feldspar dan piroksen dengan massa dasar mikrolit, olivine, mineral bijih, dan kaca. Aglomerat dan lahar, coklat hingga kelabu gelap, bersifat menengah hingga basa, berbutir lapilli hingga bom, membundar tanggung, berkomponen andesit, dan basal.

2.5. Amblesan

Amblesan (subsidence) adalah gerakan ke bawah di permukaan bumi dari suatu datum, sehingga elevasi muka tanahnya berkurang atau menjadi lebih rendah dari semula. Kebalikannya adalah pengangkatan (uplift) yang menghasilkan naiknya permukaan atau elevasi permukaan tanahnya bertambah.

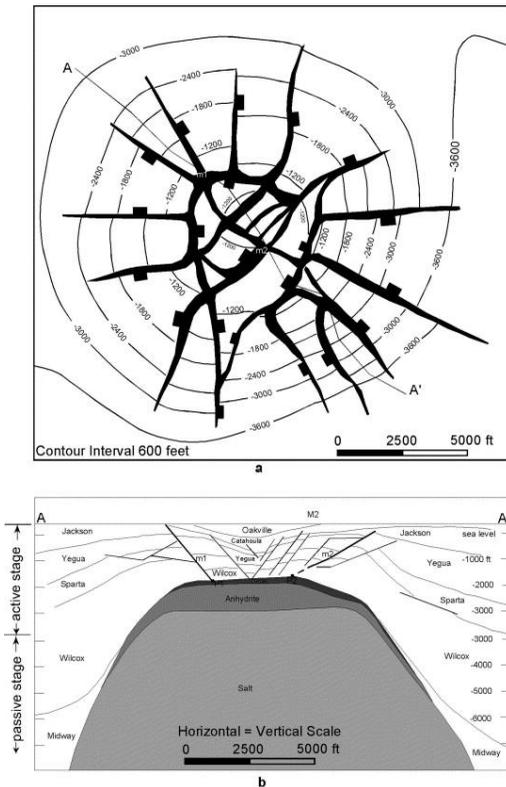
Amblesan dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain ekstraksi cairan (seperti air tanah, minyak termasuk gas), tambang bawah permukaan, proses pelarutan batuan-batuan seperti batu garam, gipsum, batu gamping, dolomit, kompaksi, dan tektonik. Hilangnya cairan akibat ekstraksi menyebabkan konsolidasi pori-pori yang kosong. Artinya pori-pori tersebut sebelumnya terisi cairan memadat karena beban material di atasnya, sehingga volume tanah berkurang dan menimbulkan amblesan. Amblesan tipe ini paling umum dijumpai. Amblesan lain disebabkan oleh tambang bawah permukaan. Penambangan tersebut mengambil bahan-bahan tambang di bawah tanah sehingga permukaannya menjadi ambles atau ambruk.

Menurut penelitian yang dilakukan Yin dan Jr pada tahun 2004, struktur yang menembus (piercement structure) memiliki pola rekahan yang circular (melingkar) dan radial (menjari) seperti gambar 2.3.

Struktur geologi di Lumpur Sidoarjo (Lusi) dapat dianalogikan memiliki model yang serupa dengan Gambar 2.3 karena menurut penelitian Mazzini et al tahun 2009 yang menginterpretasikan data seismik yang melintasi lokasi semburan Lumpur Sidoarjo menyatakan bahwa terdapat struktur menembus (piercement structure) yang kompleks sebagai struktur geologi Lumpur Sidoarjo. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan tanah atau amblesan pada daerah sekitaran Lumpur Lapindo.

Pada daerah Lumpur Sidoarjo terdapat zona bahaya 1 yang berada di sekitar kawah Lusi sampai radius sekitar 200 meter. Daerah ini dikatakan bahaya karena adanya bahaya amblesan yang tiba-tiba dan cepat. Daerah ini diberlakukan sebagai daerah terbatas ketat dan dibuat standar

operasional untuk tiap orang yang akan masuk di daerah ini, mengingat bahaya yang akan ditimbulkannya. Zona bahaya 2, sekitar 1-2 km radius dari pusat semburan. Daerah ini dinyatakan bahaya karena merupakan daerah yang rawan amblesan (dari hasil penelitian ahli, daerah ini ambles 5 cm per bulan). Zona bahaya 3 berjarak sekitar 100-200 meter dari zona bahaya 2, pada zona ini merupakan zona agak rawan amblesan. Zona aman berada di luar zona bahaya, dan merupakan daerah yang aman dihuni. Zona ini merupakan zona yang dapat dikembangkan (Widodo 2007).

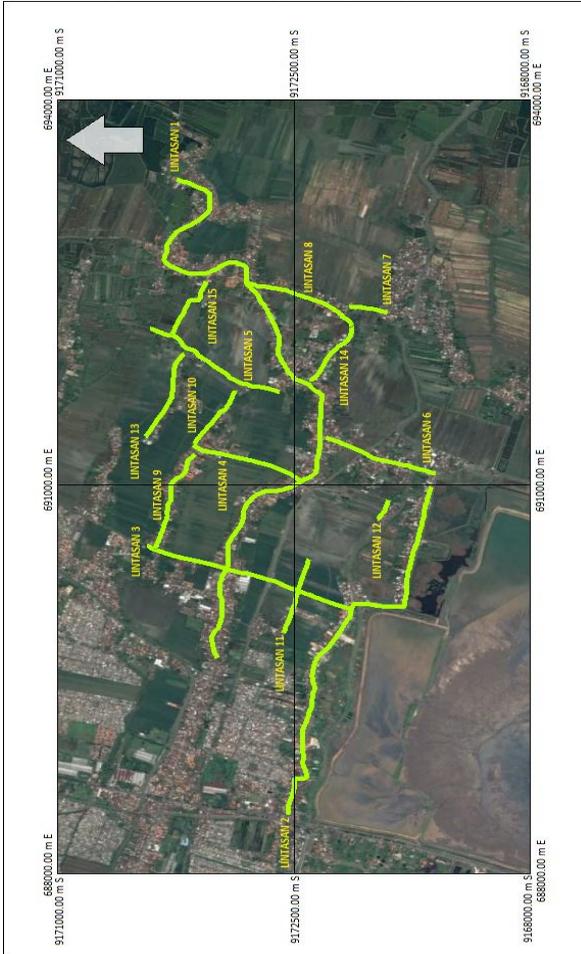


Gambar 2. 3 Contoh pola rekahan pada struktur menembus aktif (active piercement structures) tampak atas, (b) penampang bawah permukaan dari pola rekahan pada stuktur menembus aktif (active piercement structures) (Yin & Jr, 2004).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di daerah kecamatan Tangulangun, Sidoarjo, Jawa Timur, dengan jumlah pengukuran di delapan lintasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Daerah Penelitian dilakukan sepanjang garis kuning dengan sebanyak 15 lintasan pengukuran. (Google Earth 2016)

Tabel 3.1 Lokasi lintasan pengukuran

Lintasan	Awal		Akhir	
	X (UTM)	Y (UTM)	X (UTM)	Y (UTM)
Lintasan 1	689687.73	9169998.24	693383.18	9170237.22
Lintasan 2	688490.19	9169531.77	691005.44	9168603.59
Lintasan 3	690072.26	9169120.67	690543.00	9170432.85
Lintasan 4	691056.80	9169450.25	691318.97	9170126.64
Lintasan 5	691737.36	9169583.48	692227.89	9170419.56
Lintasan 6	691105.51	9168594.13	691385.49	9169279.51
Lintasan 7	692329.62	9168882.91	692379.83	9169129.79
Lintasan 8	692221.94	9169116.27	692564.71	9169766.89
Lintasan 9	690522.36	9170378.30	691249.06	9170117.63
Lintasan 10	691330.24	9170130.47	691744.64	9169859.85
Lintasan 11	689830.96	9169566.12	690447.03	9169382.87
Lintasan 12	690754.19	9168959.83	690925.90	9168865.25
Lintasan 13	691376.88	9170451.46	692019.42	9170178.83
Lintasan 14	691797.65	9169367.35	692221.94	9169116.27
Lintasan 15	692172.40	9170260.07	692583.26	9170045.97

3.2. Peralatan

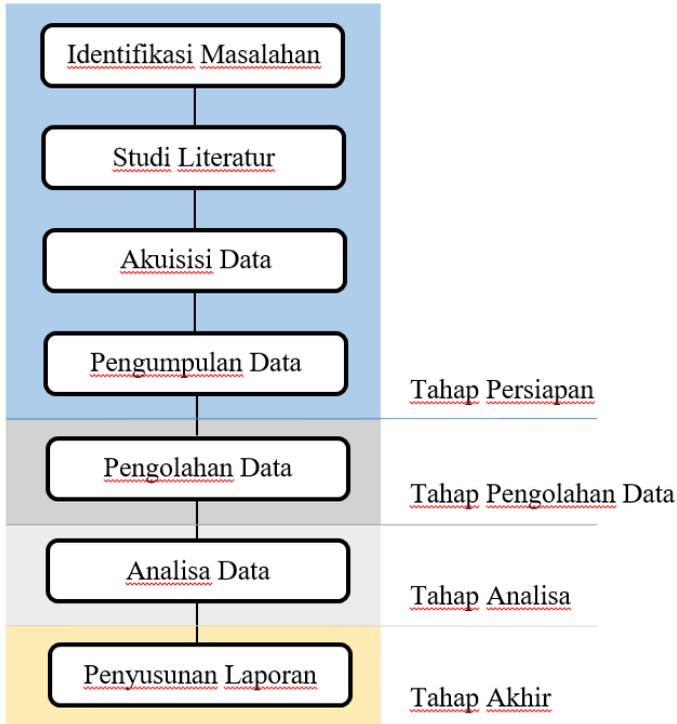
Dalam penelitian Tugas Akhir ini peralatan yang digunakan dalam tahap akuisisi data dan pengolahan data, sebagai berikut:

1. Tahap Akuisisi Data:
 - a. 1 Set GPR MALÅ dengan antena 25.000 mHz
 - b. 1 Set Laptop
2. Tahap Pengolahan Data:
 - a. Matlab R2013b
 - b. MATGPR R-3.5

3.3. Metodologi Penelitian

3.3.1. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:



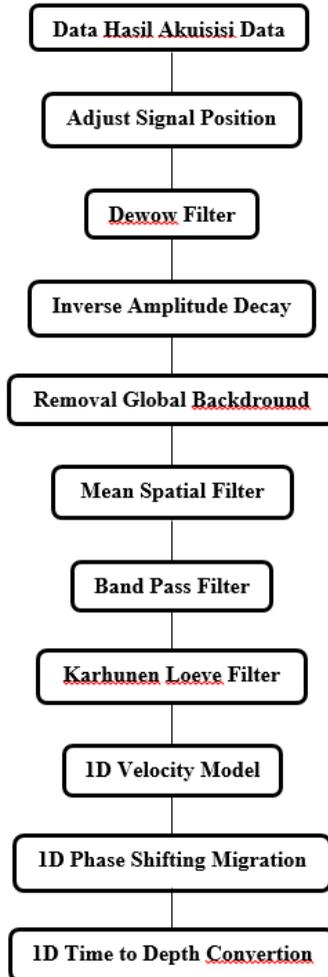
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

3.3.2. Tahap Persiapan

1. Identifikasi Masalah, kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada. Adapun permasalahan yang akan di selesaikan pada penelitian ini adalah mengenai pemetaan bawah permukaan di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo.
2. Studi Literatur, kegiatan ini dilakukan untuk mencari pustaka yang terkait dengan penelitian berupa teori, rumus, data dari buku, jurnal, dan lain lain.
3. Akuisisi Data, kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan data primer yang nantinya akan diolah, dalam akuisis data menggunakan alat GPR MALÅ dengan antenna 25 MHz.
4. Pengumpulan Data, data didapatkan dari akuisisi data di lapangan dengan berlokasi di kecamatan Tanggulangin, Sidoarjo.

3.3.3. Tahap Pengolahan Data

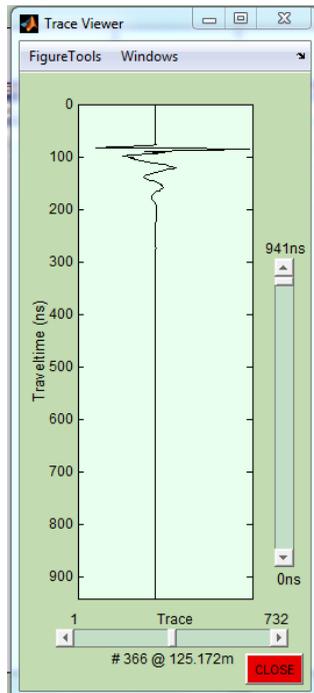
Hasil akuisisi data GPR kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak MATGPR R-3.5. Sehingga diharapkan pemetaan bawah permukaan dapat digambarkan dengan baik. Alur pengolahan data GPR dapat dilakukan dengan tahapan seperti dibawah ini:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data

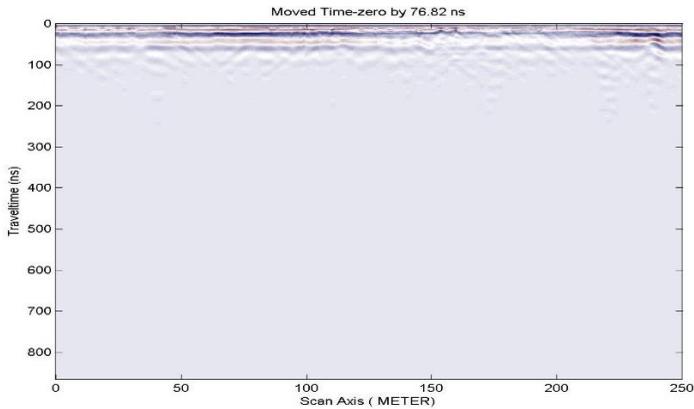
1. *Adjust Signal Position*

Dalam pengolahan data GPR hal pertama yang harus dilakukan ialah mengembalikan 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, untuk pemotongan sinyal dilakukan pada *MatGPR R-3.5*, seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Window Trace Viewer, digunakan untuk memilih sinyal yang akan di potong

Gambar 3.4 adalah window Trace Viewer, pada window tersebut dilakukan untuk pemilihan sinyal yang kemudian dilakukan pemotongan sinyal. Pada lintasan 1 bagian 8, sinyal yang dipotong antara 0-76.82 ns dengan sampel trace 42, sinyal yang dipotong ini memiliki kesamaan dengan bagian yang lainnya, karena jarak alat dengan permukaan. Gambar 3.5 merupakan hasil setelah dilakukan pemotongan sinyal.

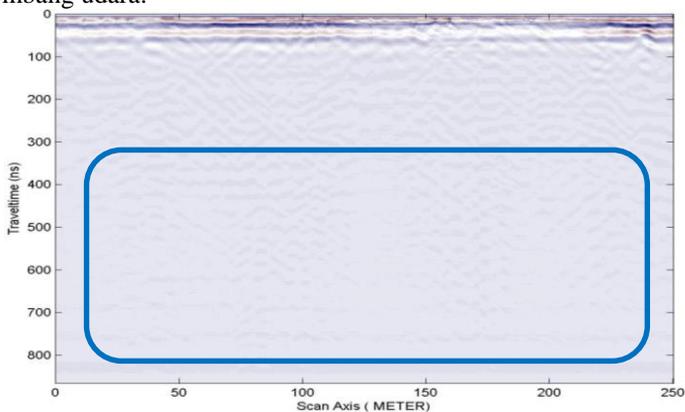


Gambar 3. 5 Hasil setelah dilakukan proses *Adjust Signal Position*

Pada gambar 3.5 dapat dilihat bawanya sudah tidak ada jeda sinyal, dan sinyal permukaan sudah terangkat pada posisi yang sebenarnya.

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.



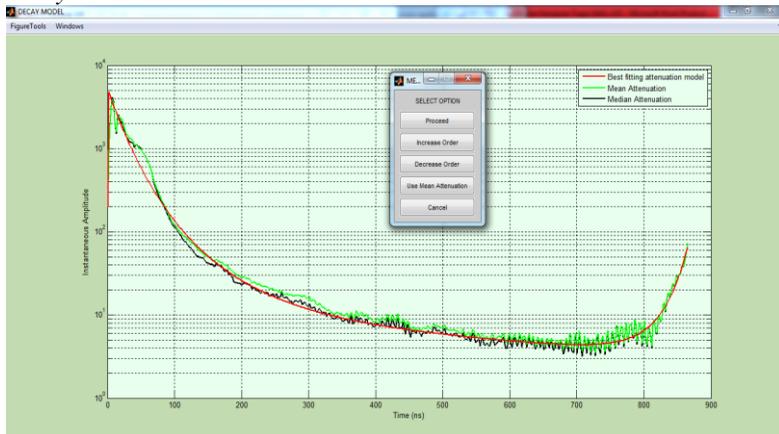
Gambar 3. 6 Hasil setelah dilakukan proses *Dewow Filter*

Gambar 3.6 merupakan hasil setelah dilakukannya pemfilteran menggunakan *dewow*, dapat dilihat setelah menggunakan filter ini sudah mulai terlihat reflektor sinyal mulai tampak, namun sinyal tersebut masih belum jelas yang berada di dalam lingkaran biru.

3. *Inverse Amplitude Decay*

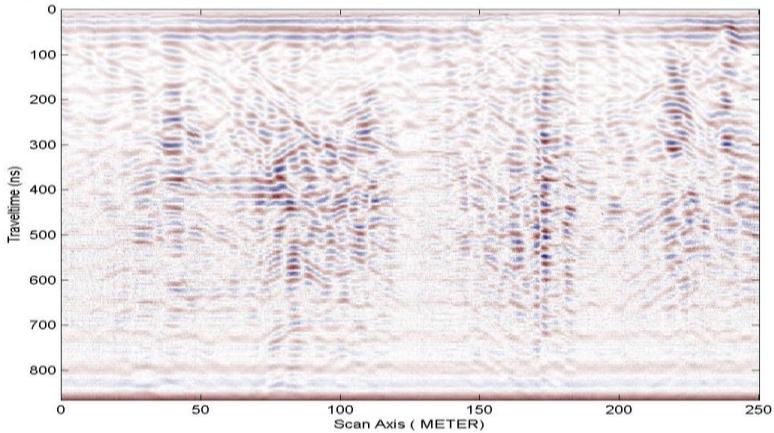
Koreksi berikutnya adalah *inverse amplitude decay*. Proses ini dilakukan untuk memperkuat gain, karena sinyal radar yang dihasilkan oleh *transmitter* menjalar dibawah permukaan bumi dengan sangat cepat, oleh karena itu sinyal radar tersebut mengalami atenuasi, hal ini akan memberikan informasi sinyal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

Pada pengolahan data *inverse amplitude decay* terdapat dua atenuasi yang digunakan yaitu *mean attenuation* dan *median attenuation*. *Mean attenuation* adalah hasil rata-rata atenuasi dari perbandingan dari waktu tiba dengan sinyal, sedangkan *median attenuation* adalah hasil nilai tengah dari seluruh data atenuasi yang terekam. Gambar 3.7 ialah penampang untuk memilih model atenuasi dalam *inverse amplitude decay*.

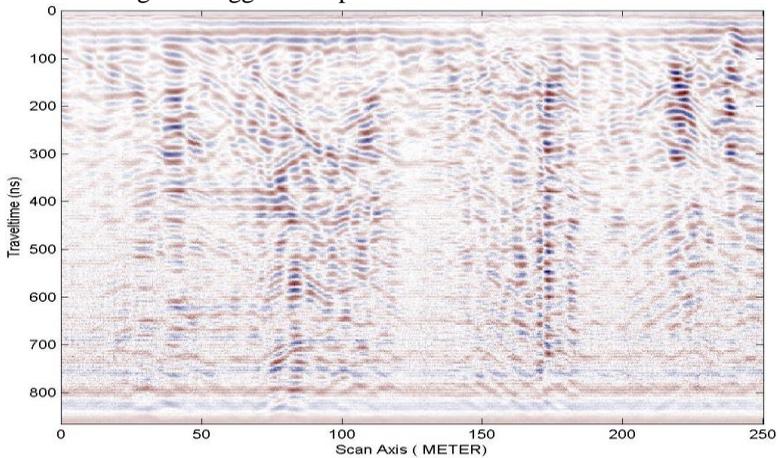


Gambar 3. 7 Permodelan antenuasi dalam proses *Inverse Amplitude Decay*

Berikut adalah hasil dari *inverse amplitude decay* (gambar 3.8 dan gambar 3.9). Gambar 3.8 adalah hasil dari *median attenuation* dan gambar 3.9 adalah hasil dari *mean attenuation*. Jika melihat hasil dari kedua radargram tersebut dapat dilihat bahwa hasil yang optimal dari Line 1 segmen 8 ialah hasil dari *median attenuation*.



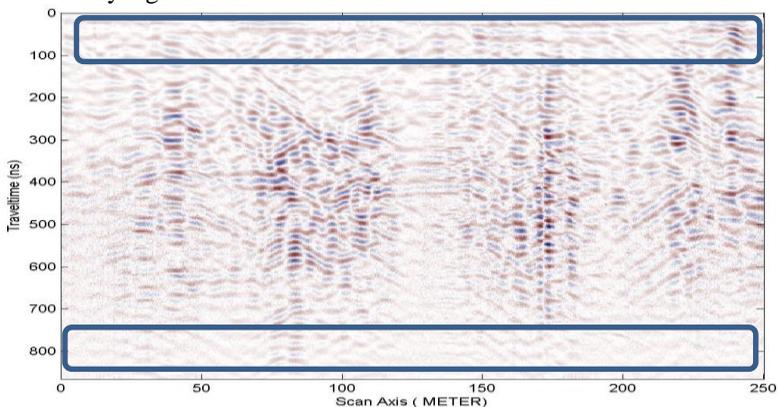
Gambar 3. 8 Hasil setelah dilakukan proses *Inverse Amplitude Decay* dengan menggunakan permodelan *median attenuation*.



Gambar 3. 9 Hasil setelah dilakukan proses *Inverse Amplitude Decay* dengan menggunakan permodelan *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.

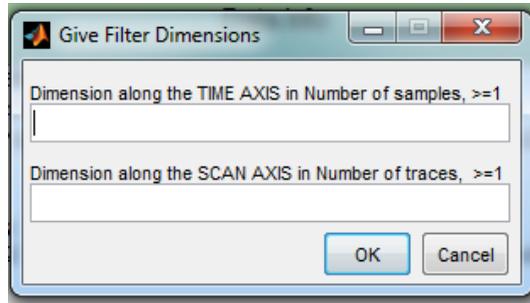


Gambar 3. 10 Hasil setelah dilakukan proses *Removal Global Background*

Gambar 3.10 adalah hasil dari *removal global background*, koreksi ini menghilangkan noise yang muncul walaupun masih terdapat beberapa *noise* seperti yang ditunjukkan pada dalam lingkaran biru.

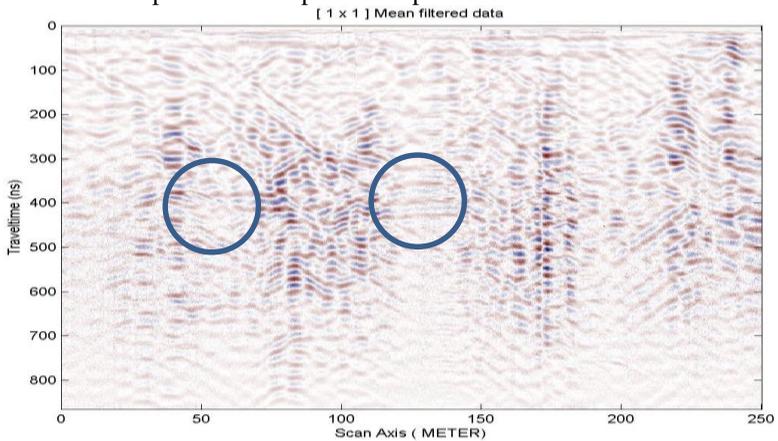
5. *Mean Spatial Filter*

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*”.

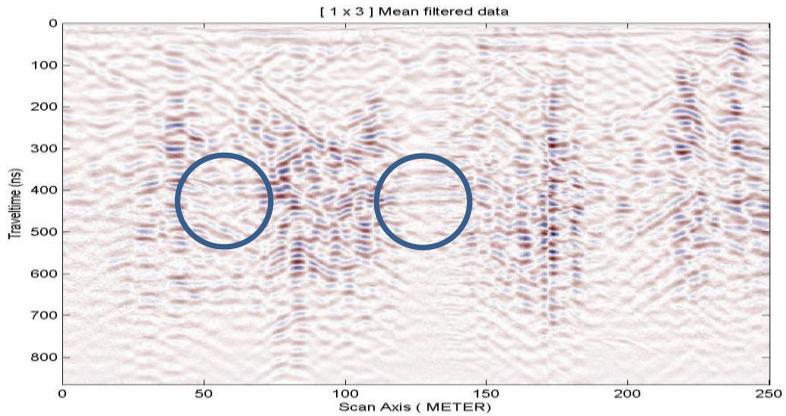


Gambar 3. 11 Window untuk memasukan parameter *mean spatial filter*

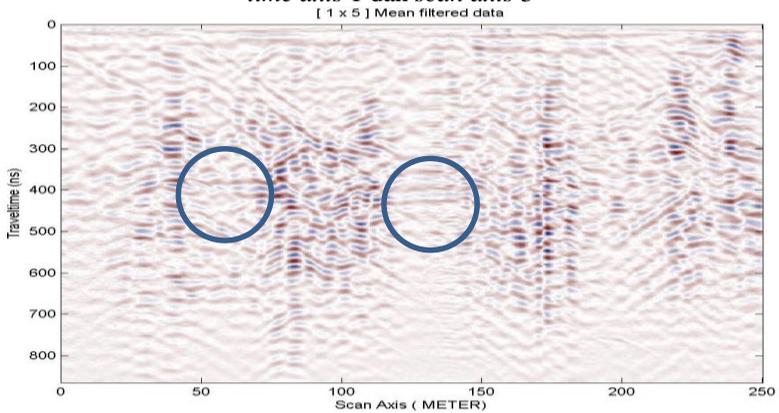
Setelah memasukan beberapa parameter pada dimensi time axis dan scan axis didapatkan beberapa hasil seperti dibawah ini:



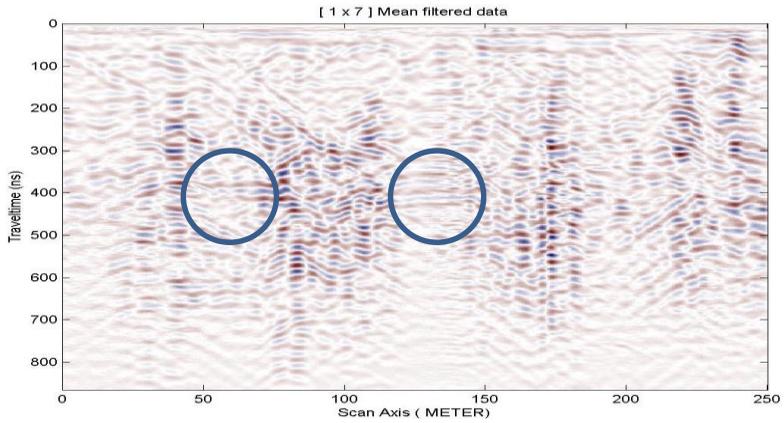
Gambar 3. 12 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 1* dan *scan axis 1*



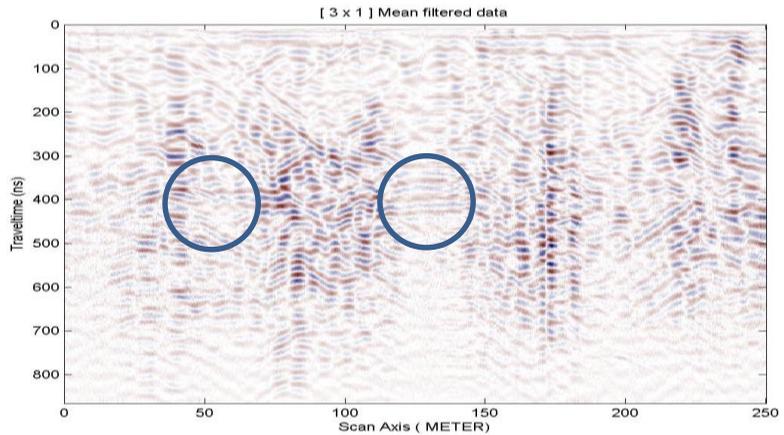
Gambar 3. 13 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 1* dan *scan axis 3*



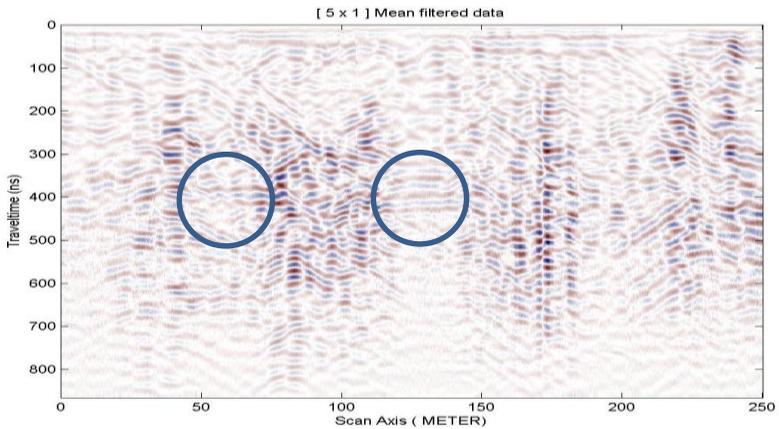
Gambar 3. 14 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 1* dan *scan axis 5*



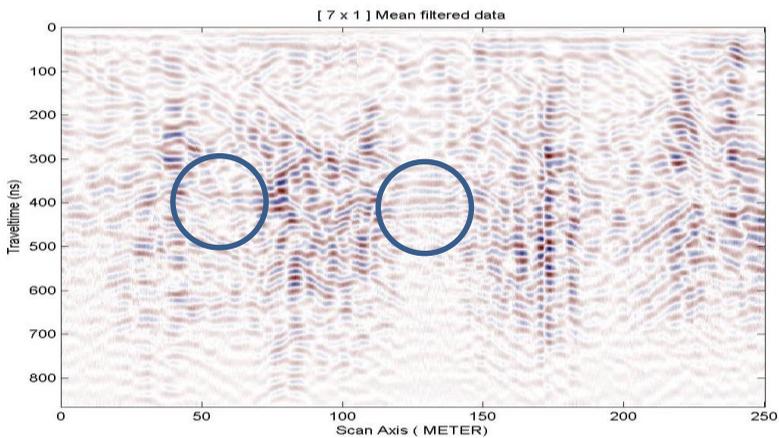
Gambar 3. 15 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 1* dan *scan axis 7*



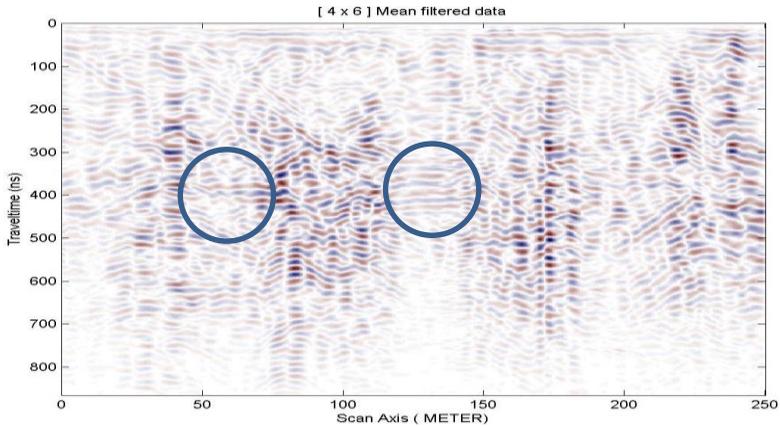
Gambar 3. 16 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 3* dan *scan axis 1*



Gambar 3. 17 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 5* dan *scan axis 1*



Gambar 3. 18 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 7* dan *scan axis 1*

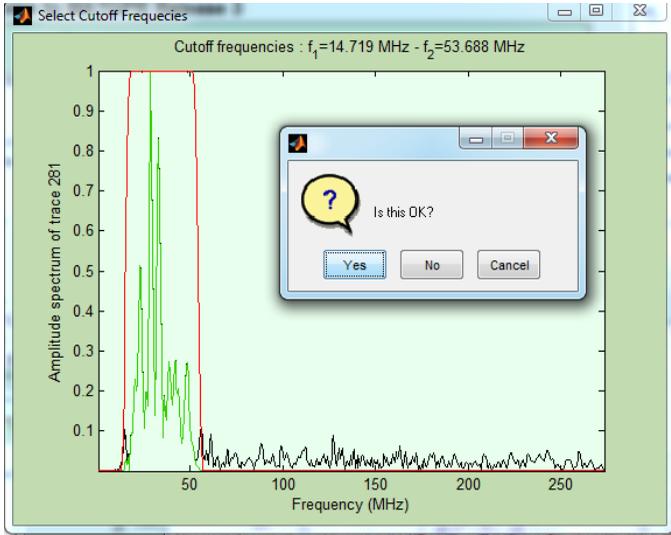


Gambar 3. 19 Hasil setelah dilakukan proses *mean spatial filter* dengan *time axis 4* dan *scan axis 6*

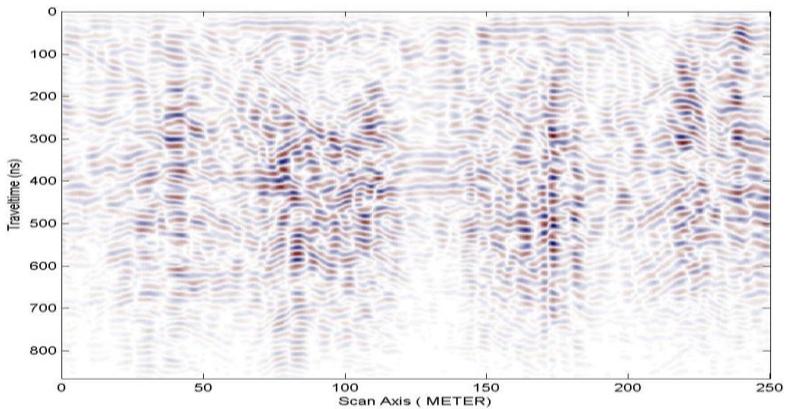
Jika melihat hasil *mean spatial filter* dari gambar 3.12 sampai gambar 3.19 dapat diambil yang paling ideal dengan melihat sisa noise dan sinyal yang menjadi smooth ialah pada parameter *time axis 1* dan *scan axis 5*, karena pada parameter ini menghasilkan nilai yang paling optimal.

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 3.20.



Gambar 3. 20 Window untuk memilih sinyal yang diinginkan

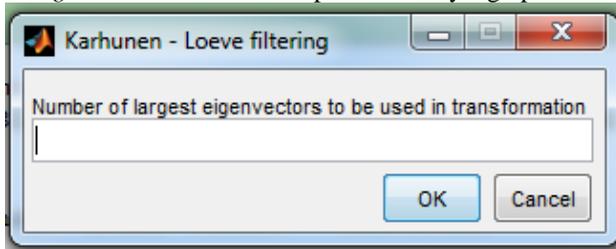


Gambar 3. 21 Hasil setelah dilakukan proses *band pass filter*

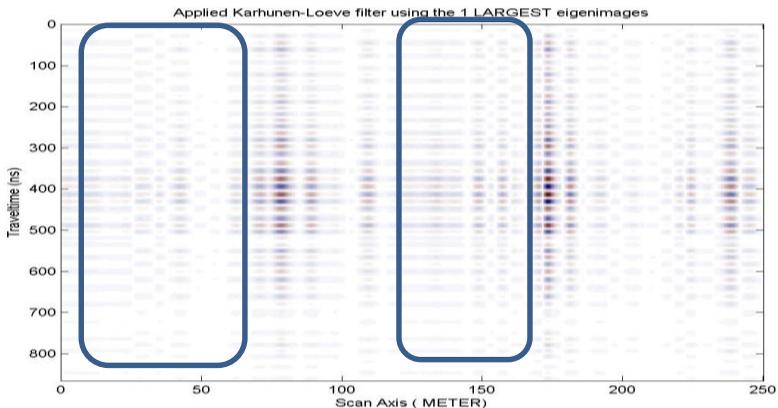
Gambar 3.21 merupakan hasil dari proses *band pass filter*, dapat dilihat pada radargram terlihat lebih bersih hal ini menandakan bahwa noise yang terlihat semakin sedikit dan hasil yang lebih smooth, hal ini dikarenakan pemotongan sinyal yang dilakukan sebelumnya.

7. Karhunen Loeve Filter

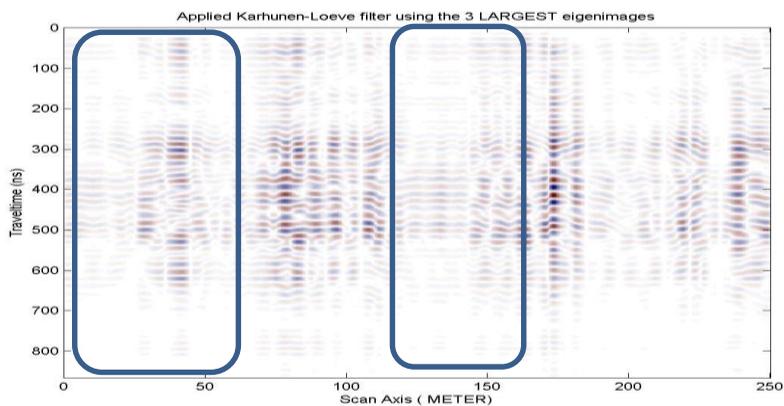
Filter ini digunakan agar dapat menghilangkan atau mengurangi noise lateral dengan memanfaatkan transformasi *Karhunen Loeve*. Pada pengolahan data *karhunen loeve filter* peneliti mencari parameter *number of largest eigenvectors* untuk mendapatkan hasil yang optimal.



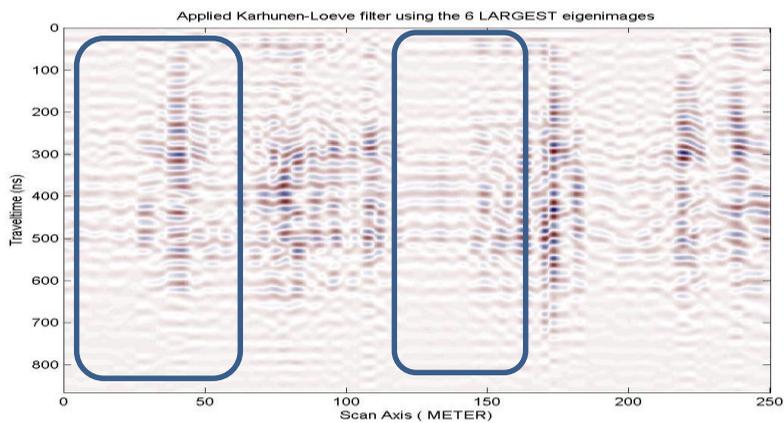
Gambar 3. 22 Window untuk memasukan parameter *eigenvectors*



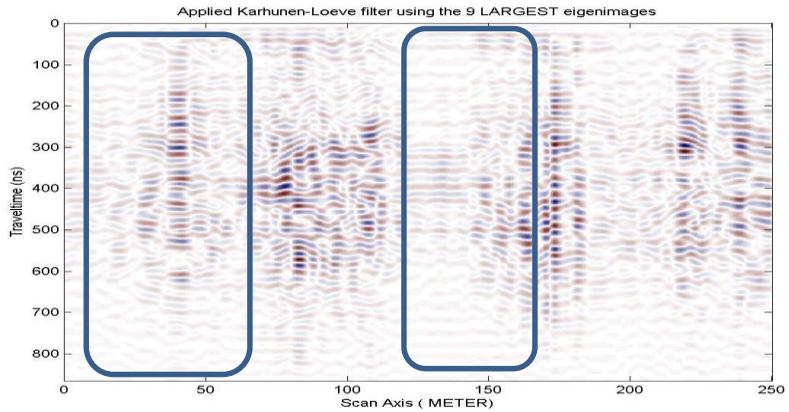
Gambar 3. 23 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 1



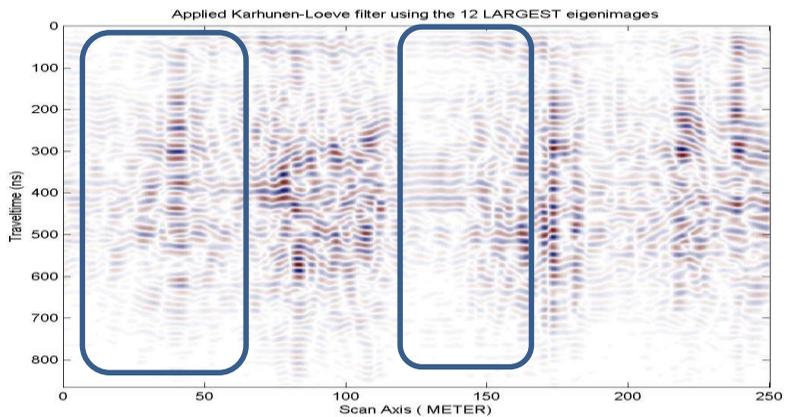
Gambar 3. 24 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 3



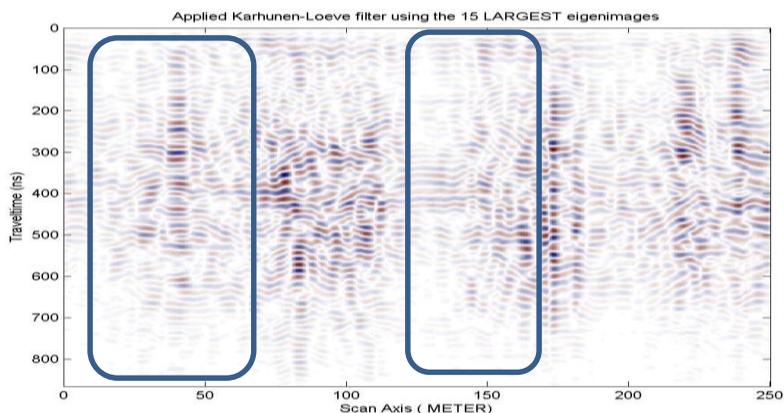
Gambar 3. 25 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 6



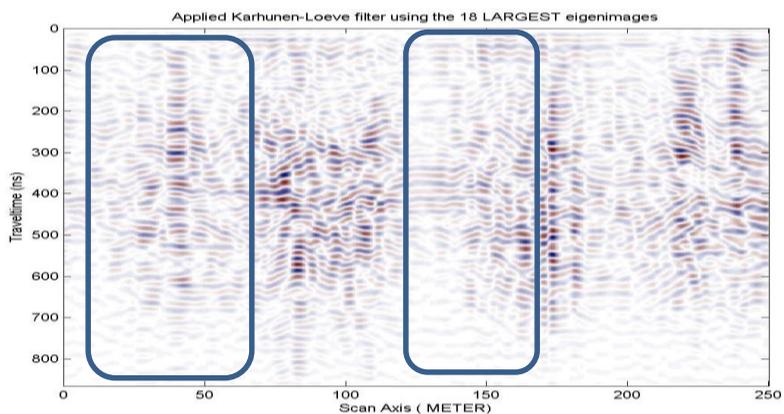
Gambar 3. 26 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 9



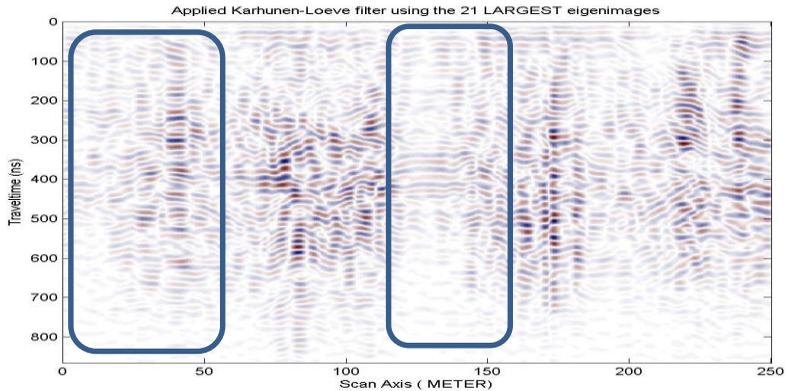
Gambar 3. 27 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 12



Gambar 3. 28 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 15



Gambar 3. 29 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 18



Gambar 3. 30 Hasil setelah dilakukan proses *karhunen loeve filter* dengan menggunakan *eigenvector* 21

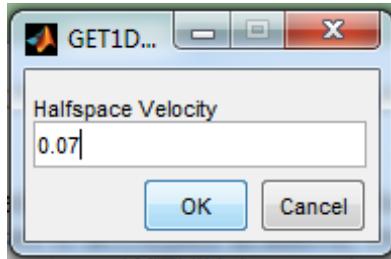
Jika melihat hasil proses *karhunen loeve filter* dengan berbagai nilai *eigenvector* dari gambar 3.23 sampai gambar 3.30 dapat dilihat berdasarkan radargram yang paling optimal dan memiliki hasil paling baik ialah pada nilai *eigenvector* 15, hal ini dikarenakan nilai dihasilkan memunculkan sedikit *noise* seperti yang ditunjukkan pada lingkaran biru.

8. 1-D Velocity Model

Metoda ini bertujuan untuk mempuat perlapisan pada daerah yang diteliti. Penelitian kali ini menggunakan lapisan homogen atau hanya menggunakan satu lapisan karena peneliti mengasumsikan kedalaman pada daerah penelitian sekitar 30-35 meter. Pada pengolahan data *1D velocity model* menggunakan satu lapisan dengan kecepatan lapisan antara 0.05-0.1 m/ns yang nantinya kecepatan lapisan akan disesuaikan dengan hasil yang paling optimal yang nantinya akan di lanjutkan ketahap selanjutnya.



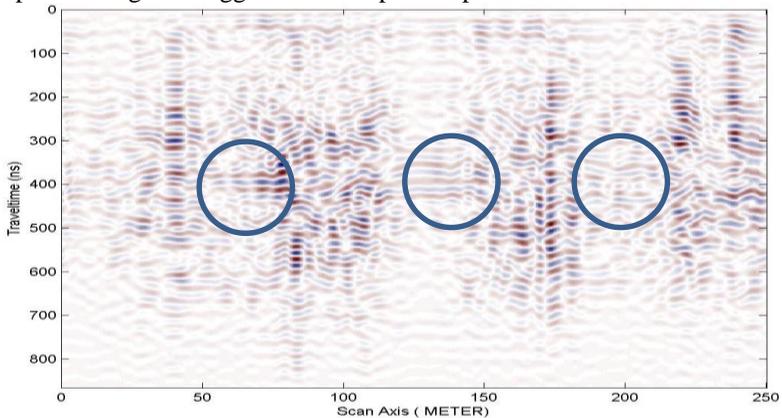
Gambar 3. 31 Window untuk memasukan jumlah lapisan



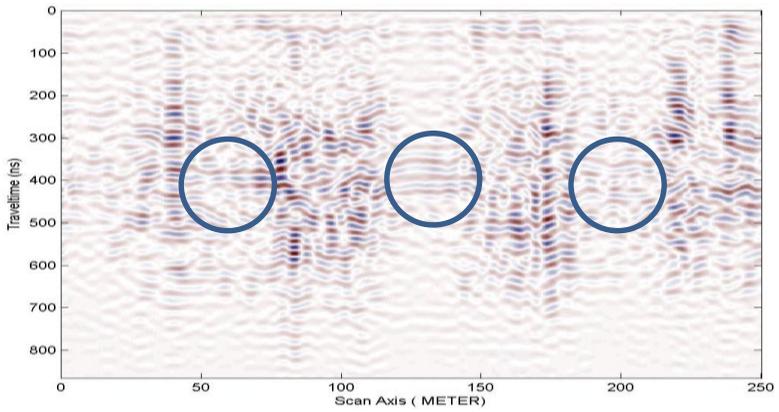
Gambar 3. 32 Window untuk memasukan nilai kecepatan pada lapisan

9. *1-D Phase Shifting Migration*

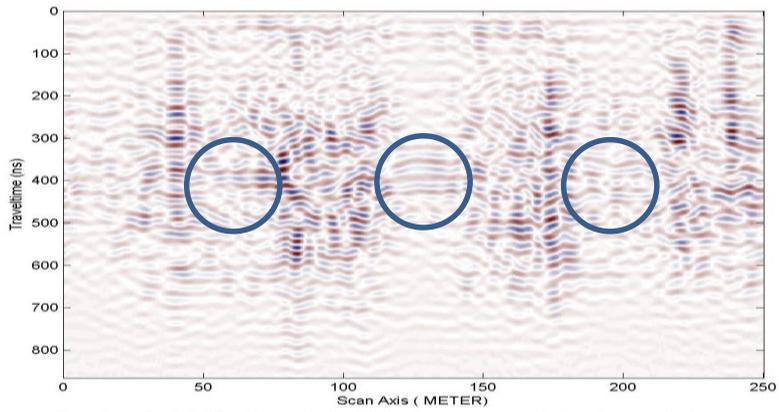
Metoda ini digunakan untuk memindahkan data GPR ke posisi yang benar secara horizontal maupun vertikal. Ketidak pastian posisi ini disebabkan oleh efek difraksi yang terjadi ketika gelombang elektromagnetik mengenai ujung atau puncak suatu diskontinuitas akibat perbedaan struktur geologi seperti sesar atau lipatan. Pada pengolahan data *1D phase shifting migration* peneliti mencari hasil yang paling optimal dengan menggunakan kecepatan lapisan antara 0.05-0.1 m/ns.



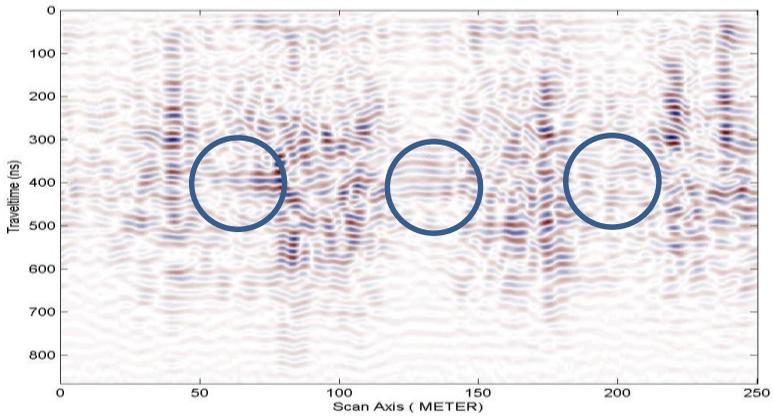
Gambar 3. 33 Hasil setelah dilakukan proses *1-D phase shifting migration* dengan kecepatan lapisannya 0.05 m/ns



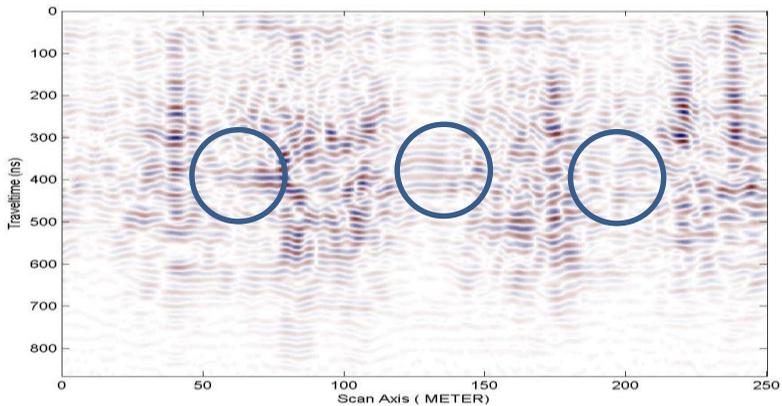
Gambar 3. 34 Hasil setelah dilakukan proses *1-D phase shifting migration* dengan kecepatan lapisannya 0.06 m/ns



Gambar 3. 35 Hasil setelah dilakukan proses *1-D phase shifting migration* dengan kecepatan lapisannya 0.07 m/ns

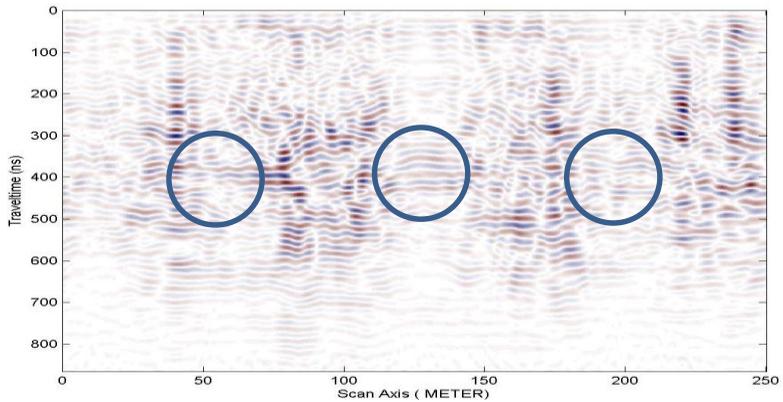


Gambar 3. 36 Hasil setelah dilakukan proses *1-D phase shifting migration* dengan kecepatan lapisannya 0.08 m/ns



Gambar 3. 37 Hasil setelah dilakukan proses *1-D phase shifting migration* dengan kecepatan lapisannya 0.09 m/ns

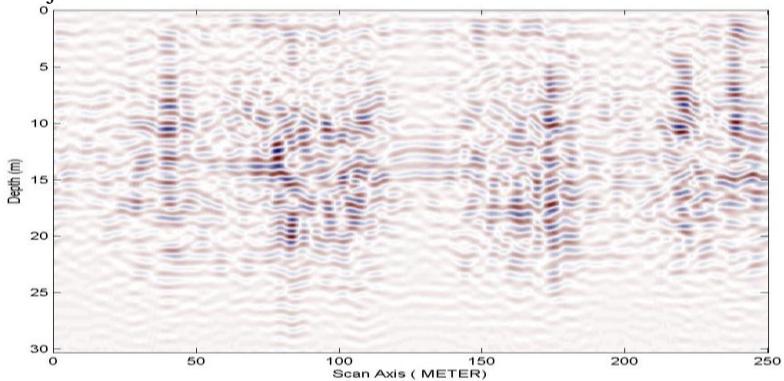
Jika melihat hasil proses *phase shifting migration* dengan berbagai nilai kecepatan lapisan dari gambar 3.33 sampai gambar 3.38 dapat dilihat berdasarkan radargram yang paling optimal dan memiliki hasil paling baik ialah pada kecepatan lapisan 0.07 m/ns, hal ini dikarenakan nilai dihasilkan memiliki sinyal yang cukup baik dan kuat.



Gambar 3. 38 Hasil setelah dilakukan proses *1-D phase shifting migration* dengan kecepatan lapisannya 0.1 m/ns

10. *1-D Time to Depth Conversion*

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



Gambar 3. 39 Hasil setelah dilakukan proses *1-D time to depth conversion*

3.3.4. *Tahap Akhir*

Tahap akhir dalam penelitian ini adalah pembuatan laporan. Laporan berisikan mengenai hasil dari seluruh kegiatan dari awal, proses, hingga akhir penelitian.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis dan Pembahasan Lintasan 1

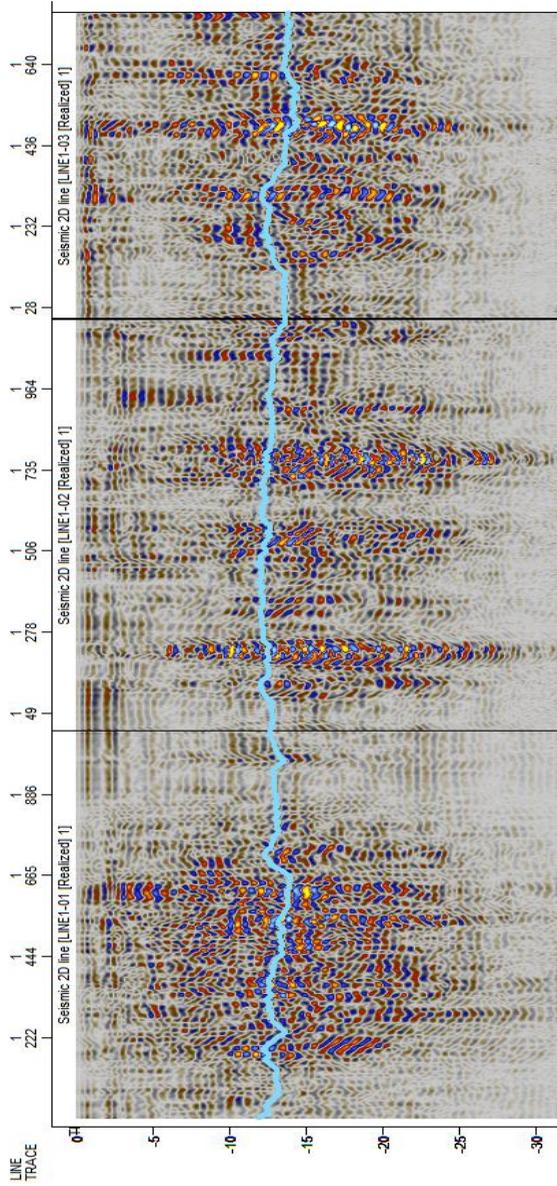
Pengambilan data GPR (*Ground Penetrating Radar*) sepanjang lintasan 1 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antena 25MHz. Data pada lintasan 1 dibagi menjadi 20 bagian, pada akuisisi data di lintasan 1 ini berada di jalan raya, yang dimana banyak melewati tiang listrik, kendaraan berlalu-lalang yang dapat berpengaruh pada hasil pengukuran. Total panjang lintasan 1 adalah 5.000 meter dengan setiap bagiannya sepanjang 250 meter.

- Bagian 1, 2 dan 3

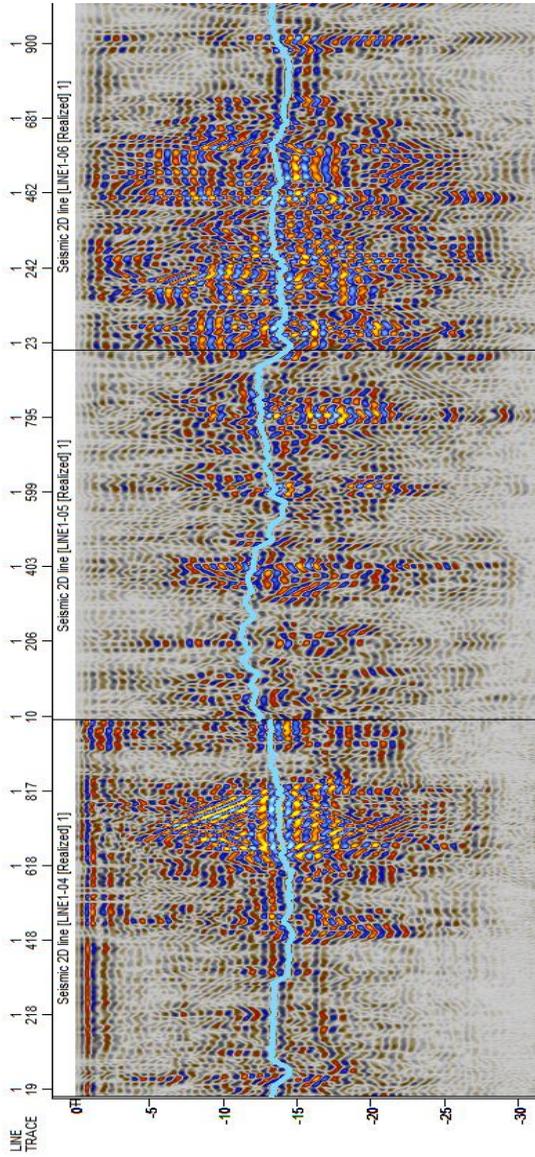
Gambar 4.1 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 1, 2, dan 3 yang memperlihatkan kondisi bawah permukaan di daerah jalan raya ngaban yang membentang dari barat ke timur, pada penampang radargram tersebut dapat dilihat penampang per lapisan di daerah pengukuran dari atas ke bawah, umumnya penampang tersebut memperlihatkan lapisan yang cukup stabil di lintasan 1 bagian 1 dan 2, pada bagian 3 ditemukan sedikit sinyal yang naik dan kemudian turun kembali, hal ini dapat diduga dengan adanya naiknya lapisan di daerah tersebut.

- Bagian 4, 5 dan 6

Gambar 4.2 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 4, 5, dan 6. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cukup stabil di lintasan 1 bagian 4 dan 6, pada bagian 5 dijumpai perlapisan yang naik turun hal ini diduga karena adanya efek tiang listrik yang mempengaruhi radargram tersebut, pada bagian persambungan antara bagian ditemukan adanya tidak kesinambungan sinyal, hal ini dikarenakan pada saat penandaan atau marking GPR yang kurang teliti.

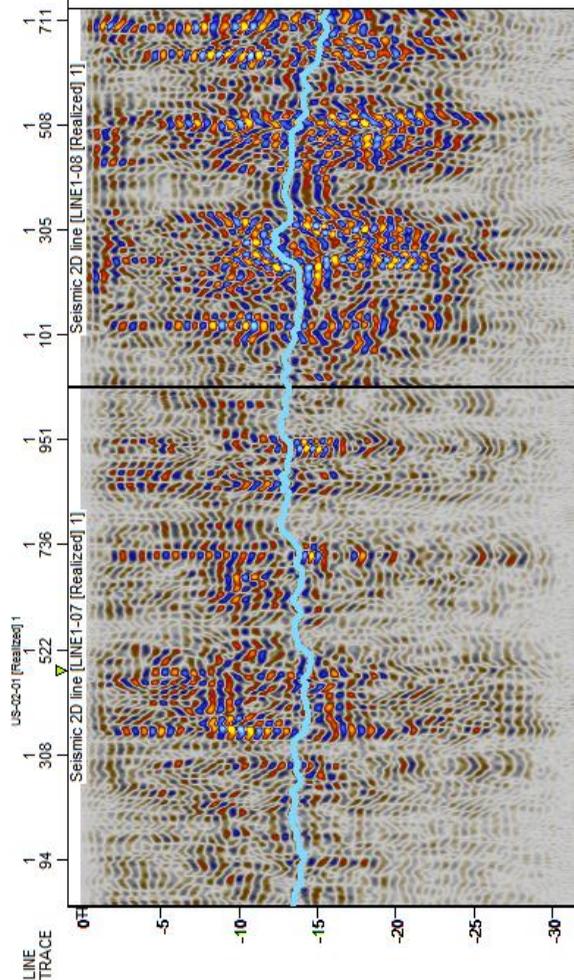


Gambar 4. 1 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 1, 2 dan 3



Gambar 4. 2 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 4, 5 dan 6

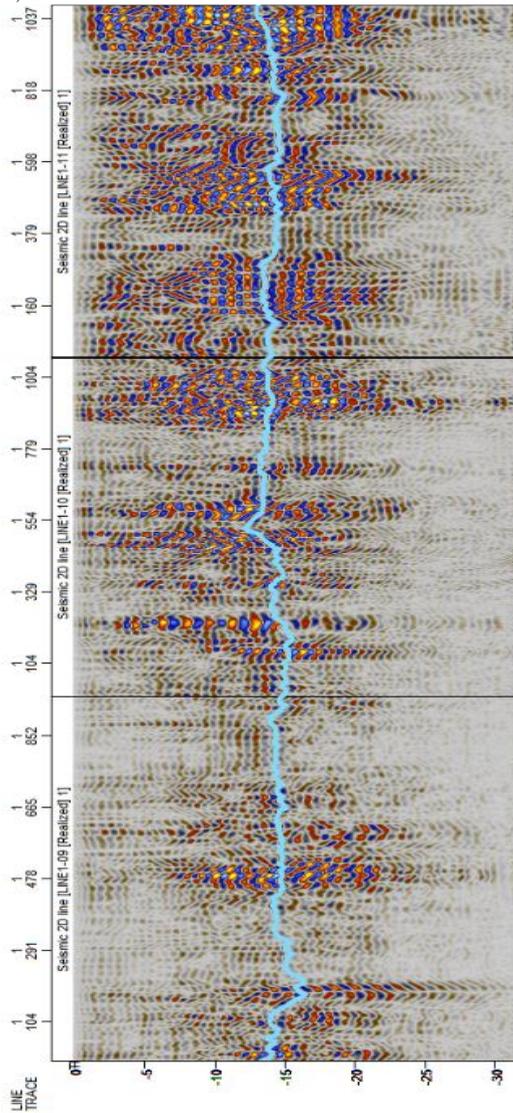
- Bagian 7 dan 8



Gambar 4. 3 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 7 dan 8

Gambar 4.3 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 7 dan 8. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cukup stabil dan hanya memiliki lompatan sinyal sedikit di lintasan 1 bagian 7 dan 8.

- Bagian 9, 10 dan 11



Gambar 4. 4 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 9, 10 dan 11

Gambar 4.4 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 9, 10 dan 11. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cukup stabil dan hanya memiliki lompatan sinyal sedikit di lintasan 1 bagian 9 dan 10, hal ini di duga karena gangguan sinyal yang berasal dari tiang listrik.

- Bagian 12, 13 dan 14

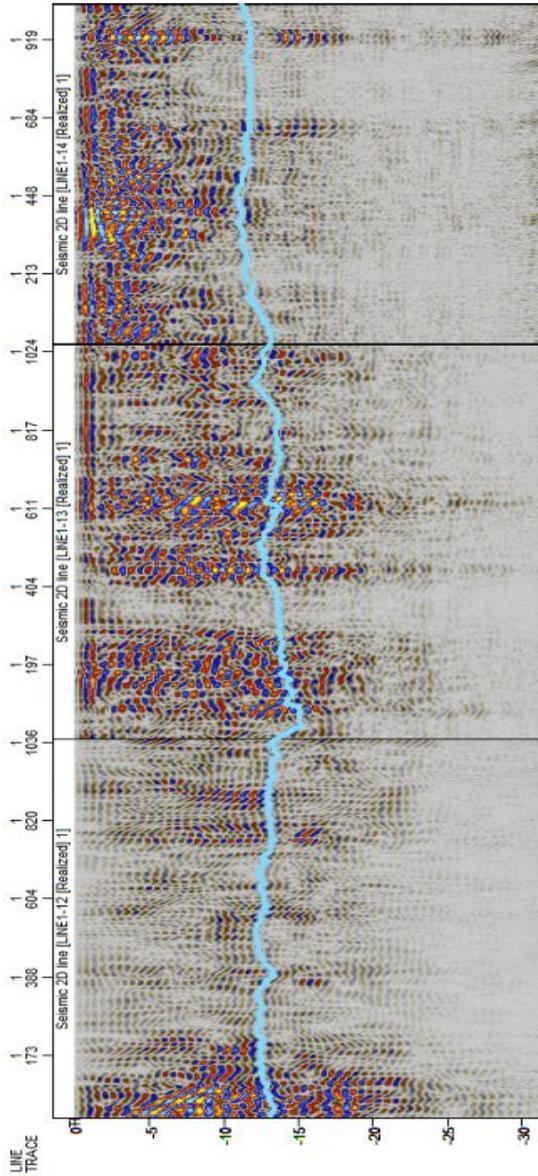
Gambar 4.5 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 12, 13 dan 14. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cukup stabil dengan lapisan yang mulai naik pada bagian 14.

- Bagian 15, 16 dan 17

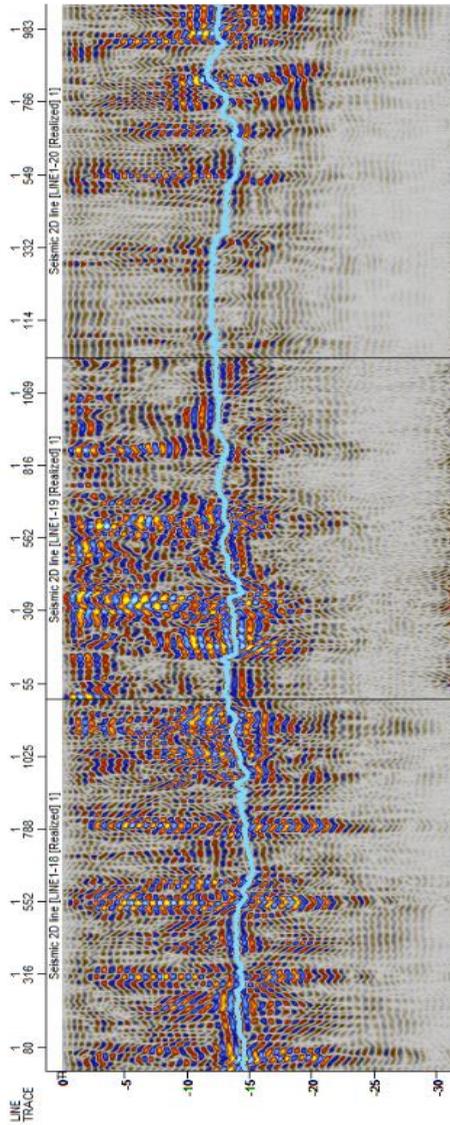
Gambar 4.6 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 15, 16 dan 17. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cenderung turun menuju arah timur, hal ini dikarenakan pada bagian 14 yang memiliki lapisan naik, pada bagian 16 dapat dilihat lapisan mulai turun kembali, secara umum lapisan cenderung stabil.

- Bagian 18, 19 dan 20

Gambar 4.7 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 1 di bagian 18, 19 dan 20. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cenderung naik menuju arah timur, hal ini dikarenakan pada bagian 16 dan 17 yang memiliki kecenderungan lapisan naik, secara umum lapisan cenderung stabil.



Gambar 4. 5 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 12, 13 dan 14



Gambar 4. 7 Radargram hasil data lintasan 1 bagian 18, 19 dan 20

4.2. Analisis dan Pembahasan Lintasan 2

Pengukuran pada lintasan 2 dilakukan di sisi utara tanggul lumpur lapindo, dengan jarak 1.800 meter dari pusat semburan. Pada lintasan 2 ini pengukuran menggunakan antena 25MHz, dengan total panjang lintasan 2 adalah 3.000 meter dan dibagi menjadi 12 bagian dengan setiap bagiannya 250 meter.

- **Bagian 1, 2 dan 3**

Gambar 4.8 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 2 di bagian 1, 2 dan 3. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang cenderung turun dari arah barat menuju arah timur, penurunan lapisan dimulai dari bagian 2 yang terus merunun sampai pada bagian 3.

- **Bagian 4, 5 dan 6**

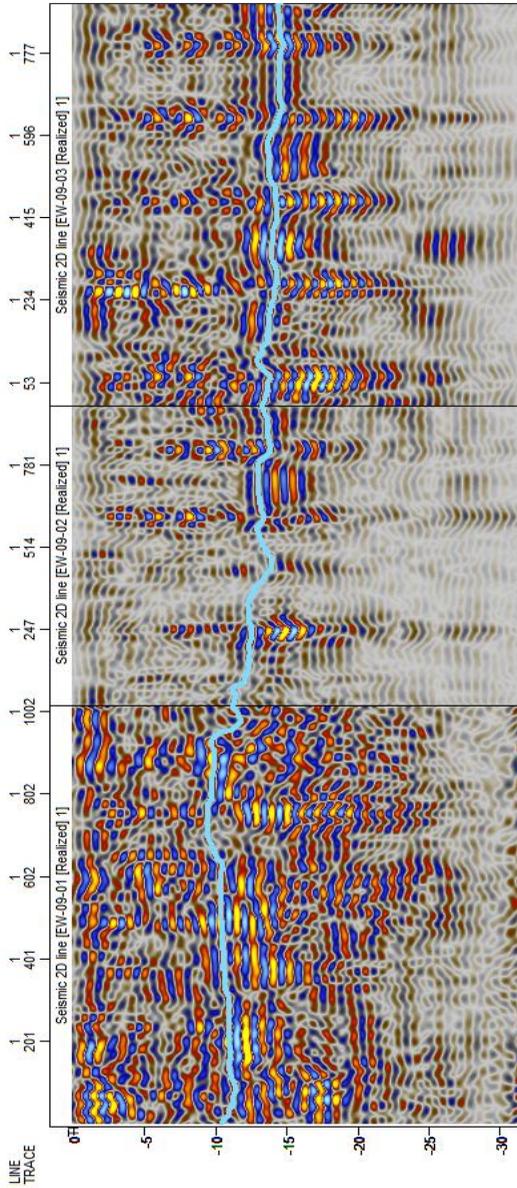
Gambar 4.9 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 2 di bagian 4, 5 dan 6. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang memiliki kestabilan dari arah barat menuju arah timur.

- **Bagian 7, 8 dan 9**

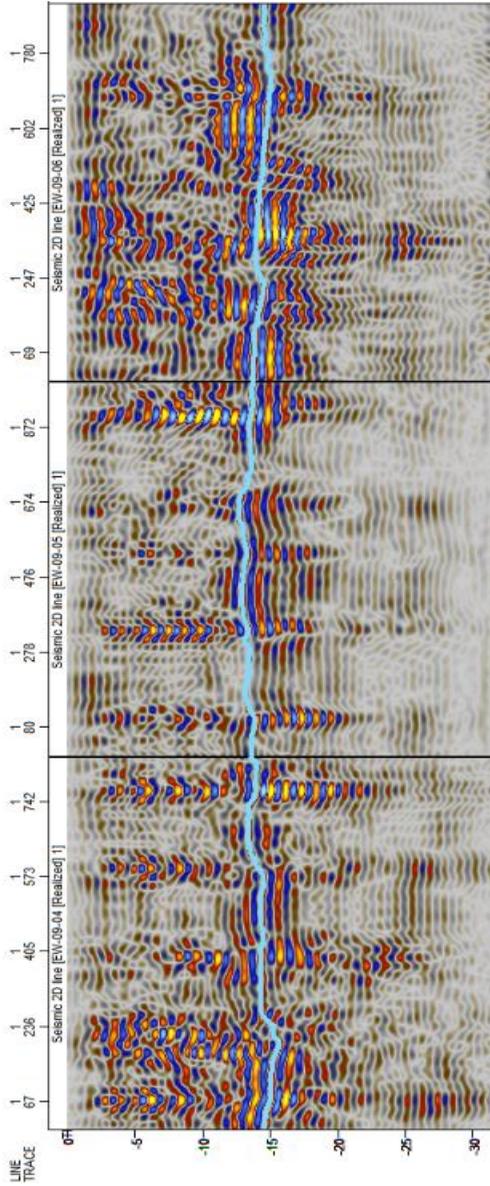
Gambar 4.10 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 2 di bagian 7, 8 dan 9. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang memiliki kestabilan dari arah barat menuju arah timur.

- **Bagian 10, 11 dan 12**

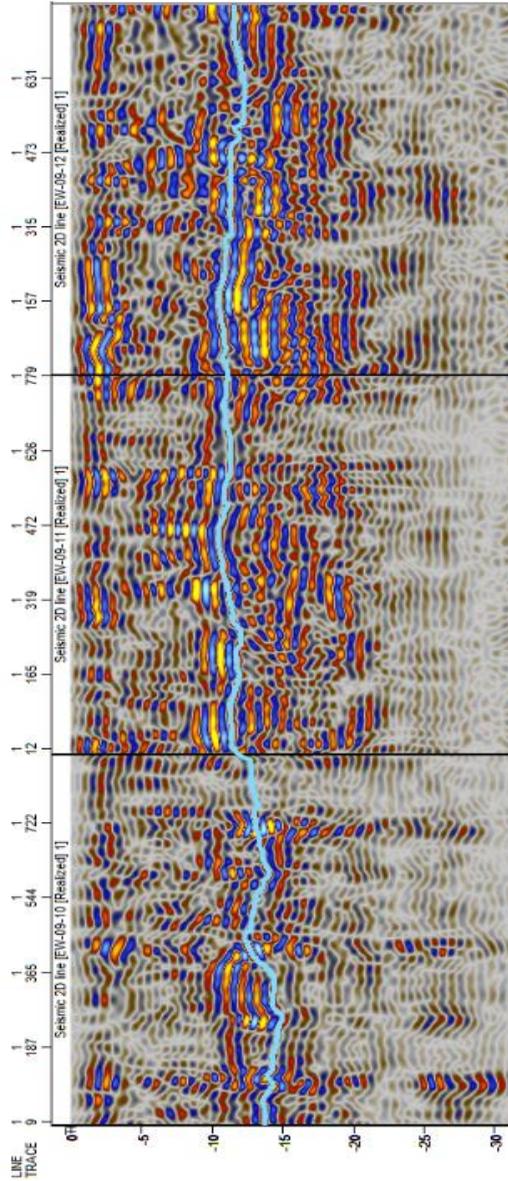
Gambar 4.11 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 2 di bagian 10, 11 dan 12. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan yang memiliki kecenderungan naik dari arah barat menuju arah timur, lapisan mulain naik dikarenakan adanya lonjakan sinyal pada trace 380 di bagian 10 dan mulai stabil bada bagian 11 dan 12.



Gambar 4. 8 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 1, 2 dan 3



Gambar 4. 9 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 4, 5 dan 6



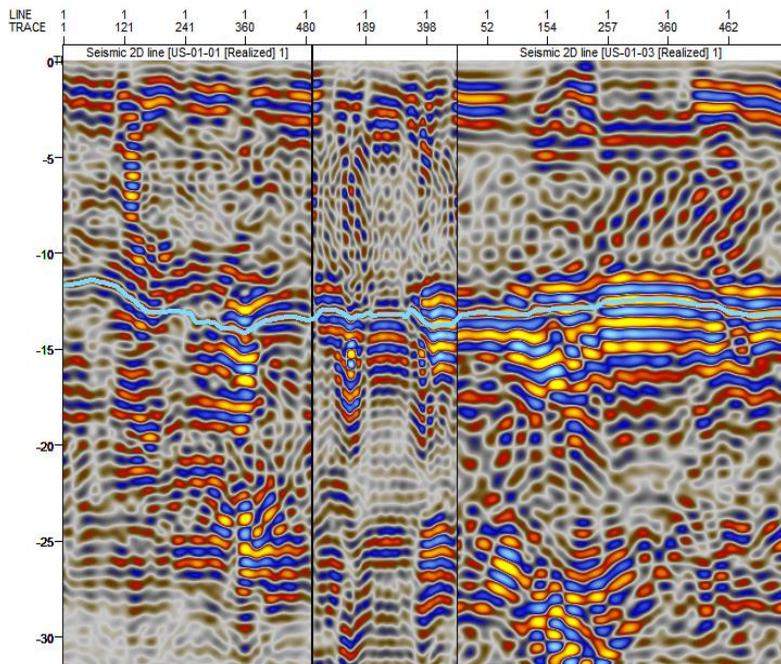
Gambar 4. 11 Radargram hasil data lintasan 2 bagian 10, 11 dan 12

4.3. Analisis dan Pembahasan Lintasan 3

Pengukuran pada lintasan 3 dilakukan di sisi utara tanggul lumpur lapindo, dengan lintasan yang didominasi oleh persawahan dan adanya tiang listrik sepanjang lintasan. Pada lintasan 3 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari selatan menuju utara. Total panjang lintasan 3 adalah 1.400 meter dan dibagi menjadi 14 bagian dengan setiap bagiannya 100 meter.

- Bagian 1, 2 dan 3

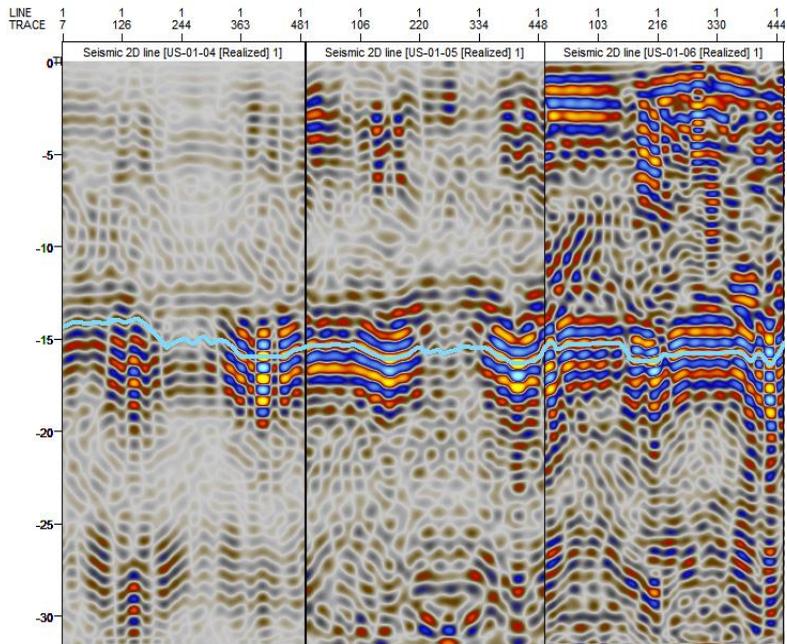
Gambar 4.12 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 3 di bagian 1, 2 dan 3. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan dengan kecenderungan stabil, pada bagian 1 terlihat adanya penurunan lapisan, sedangkan pada bagian 2 dapat dilihat terdapat lompatan sinyal sedikit hal ini dikarenakan pada saat pengukuran melewati sungai irigasi sawah.



Gambar 4. 12 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 1, 2 dan 3

- Bagian 4, 5 dan 6

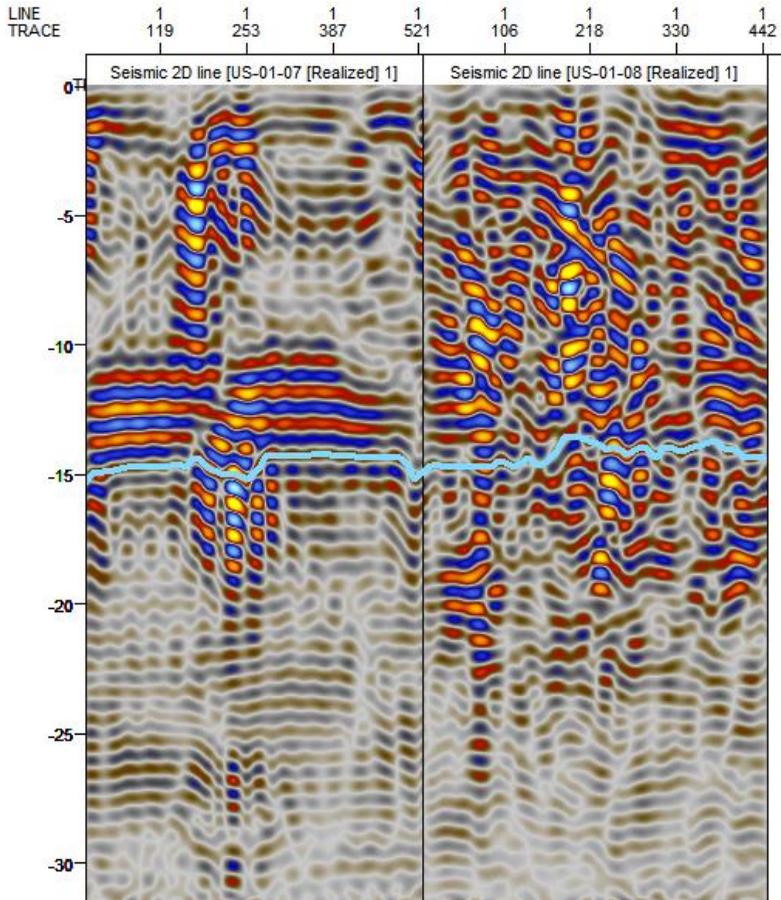
Gambar 4.13 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 3 di bagian 4, 5 dan 6. Pada penampang radargram bagian 4 terlihat adanya penurunan lapisan, hal ini di karenakan pada saat pengukuran melewati sungai irigasi sawah, sedangkan pada bagian 6 dapat dilihat terdapat terdapat sinyal yang turun dan naik kembali hal ini dikarenakan pada saat pengukuran melewati sungai irigasi sawah, dan jembatan. Secara umu pada bagian 4 sampai 6 memiliki lapisan yang cenderung stabil.



Gambar 4. 13 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 4, 5 dan 6

- Bagian 7 dan 8

Gambar 4.14 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 3 di bagian 7 dan 8. Pada penampang radargram bagian 7 terlihat adanya penurunan lapisan, hal ini di karenakan pada saat pengukuran melewati sungai irigasi sawah, sedangkan pada bagian 8 dapat dilihat terdapat sinyal yang turun dan naik kembali hal ini diduga karena pada daerah pengukuran memiliki lapisan yang kurang stabil.

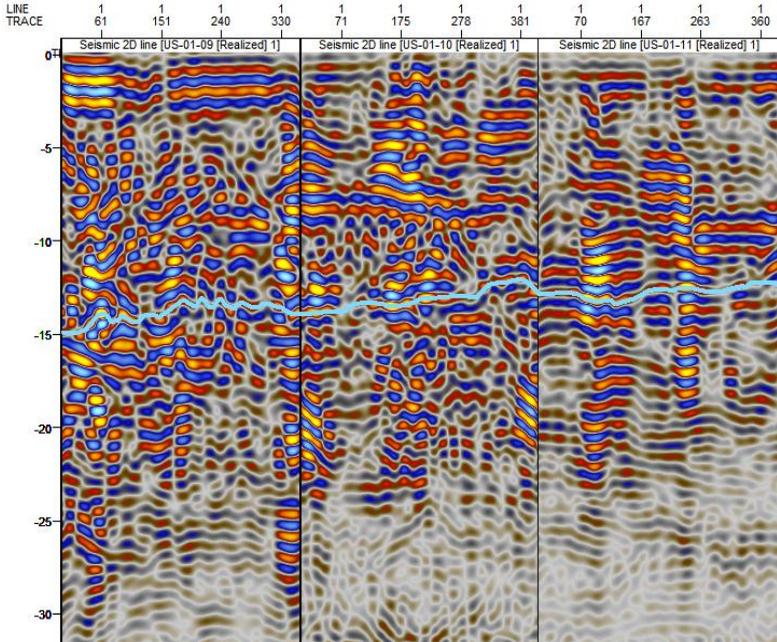


Gambar 4. 14 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 7 dan 8

- Bagian 9, 10 dan 11

Gambar 4.15 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 3 di bagian 9, 10 dan 11. Pada penampang radargram bagian 9 terlihat terdapat sinyal yang turun dan naik kembali hal ini diduga karena pada daerah pengukuran memiliki lapisan yang kurang stabil hal ini merupakan kemenerusan dari bagian sebelumnya (bagian 8) dan pada saat pengukuran dilakukan dengan jalan cepat karena lokasi pengukuran di perempatan jalan raya, sedangkan pada bagian 10 dan 11 dapat dilihat

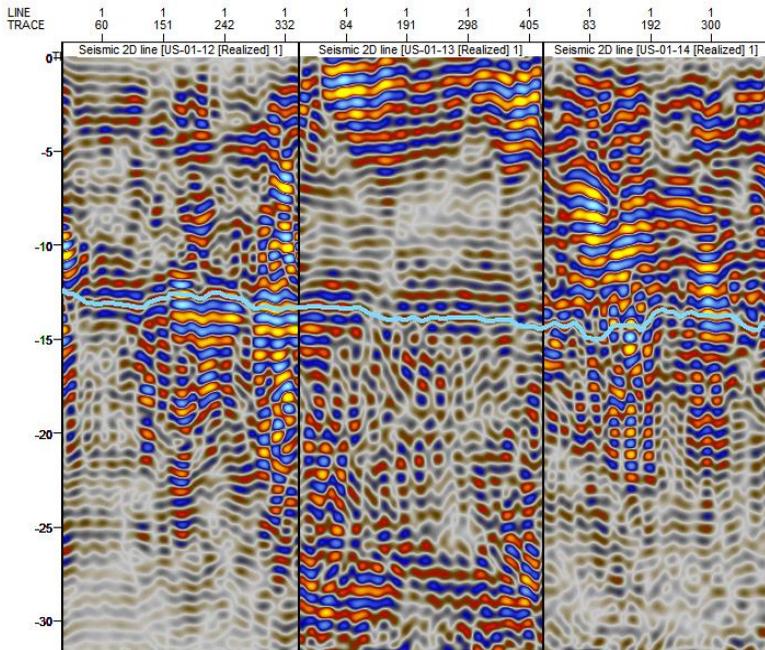
memiliki lapisan yang cenderung stabil walaupun terdapat kenaikan lapisan saat dibagian 10.



Gambar 4. 15 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 9, 10 dan 11

- Bagian 12, 13 dan 14

Gambar 4.16 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 3 di bagian 12, 13 dan 14. Pada penampang radargram bagian 12 sampai 14 memiliki kecenderungan agak sedikit turun kearah utara, tetapi secara umum pada bagian 12 sampai 14 memiliki struktur yang stabil.



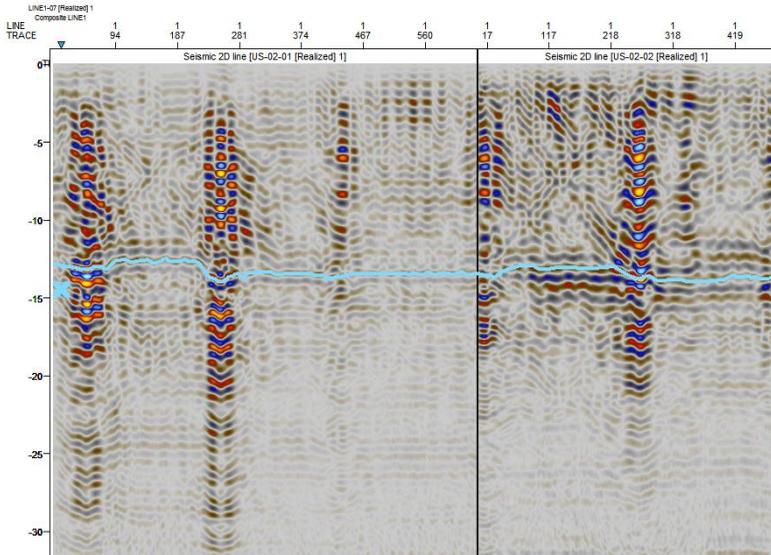
Gambar 4. 16 Radargram hasil data lintasan 3 bagian 12, 13 dan 14

4.4. Analisis dan Pembahasan Lintasan 4

Pengukuran pada lintasan 4 dilakukan dengan lintasan yang didominasi oleh persawahan dan penerangan jalan sepanjang lintasan. Pada lintasan 4 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari selatan menuju utara. Total panjang lintasan 4 adalah 735 meter dan dibagi menjadi 7 bagian dengan setiap bagiannya 100 meter, dan pada bagian 1 panjang lintasannya 135 meter.

- Bagian 1 dan 2

Gambar 4.17 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 4 di bagian 1 dan 2. Pada penampang radargram bagian 1 dan 2 memiliki kecenderungan lapisan yang stabil, tetapi dijumpai di bagian 1 pada trace 250 (40 meter) terdapat penurunan sinyal, hal ini dikarenakan melewati lampu penerangan jalan, begitu juga pada bagian 2.



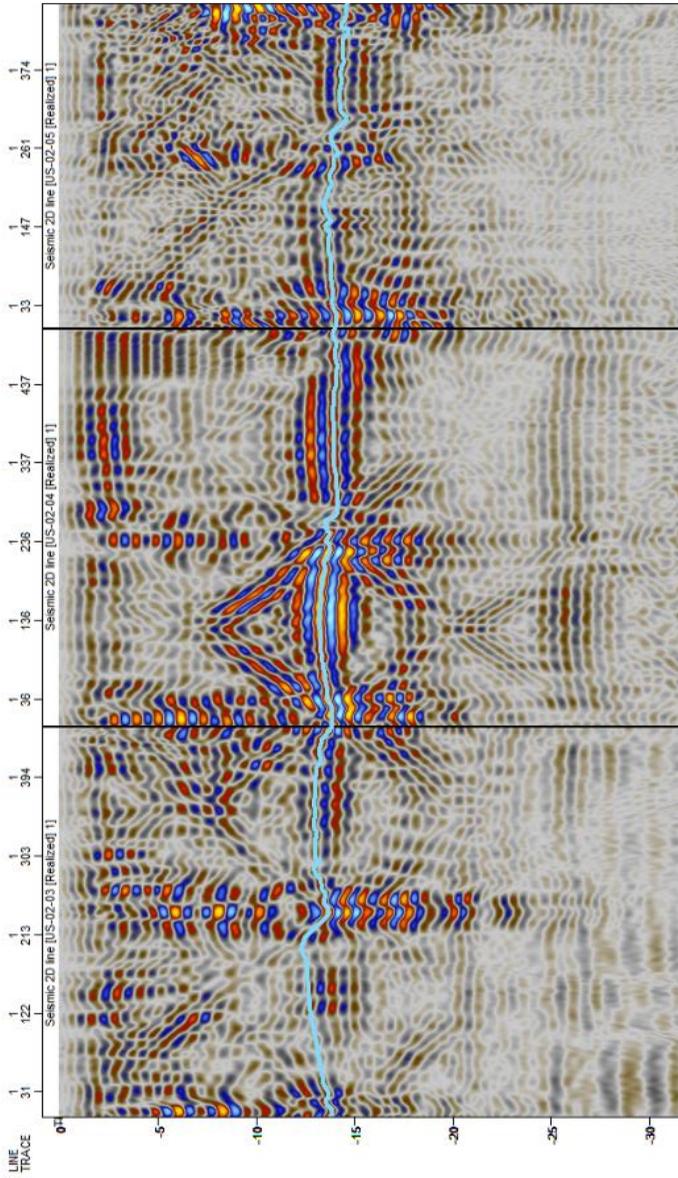
Gambar 4. 17 Radargram hasil data lintasan 4 bagian 1 dan 2

- Bagian 3, 4 dan 5

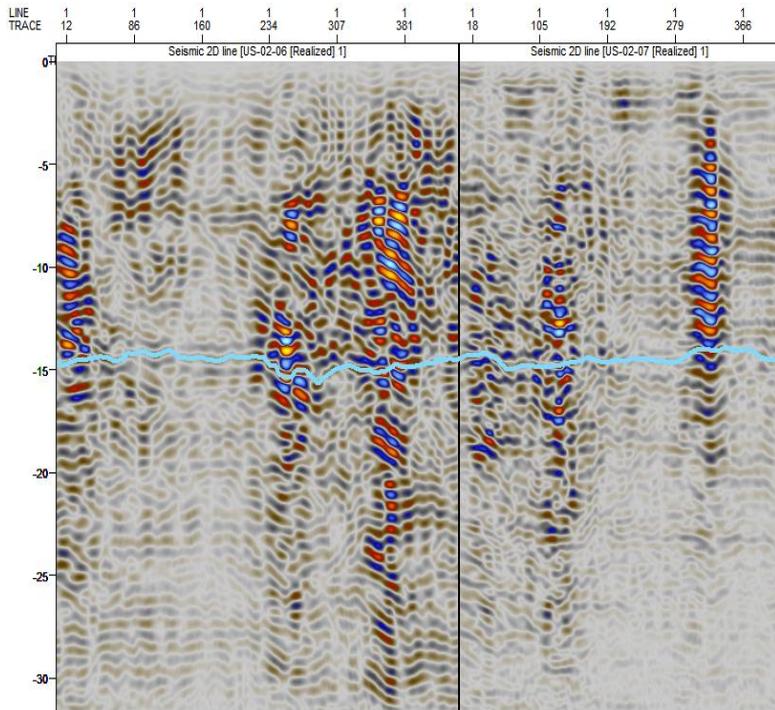
Gambar 4.18 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 4 di bagian 3 dan 4. Pada penampang radargram bagian 3 sampai 5 memiliki kecenderungan lapisan yang stabil, tetapi dijumpai di bagian 3 pada trace 240 (40 meter) terdapat penurunan sinyal, hal ini dikarenakan melewati lampu penerangan jalan, sama seperti pada bagian 3 dan 4 dijumpai penurunan sinyal dan kembali naik lagi sinyal tersebut.

- Bagian 6 dan 7

Gambar 4.19 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 4 di bagian 6 dan 7. Pada penampang radargram bagian 6 dapat dijumpai adanya penurunan lapisan yang kemudian naik kembali pada trace 234–440 (55–100 meter), sama seperti halnya pada bagian 7 pada trace 58-285 (15- 70 meter).



Gambar 4. 18 Radargram hasil data lintasan 4 bagian 3, 4 dan 5



Gambar 4. 19 Radargram hasil data lintasan 4 bagian 6 dan 7

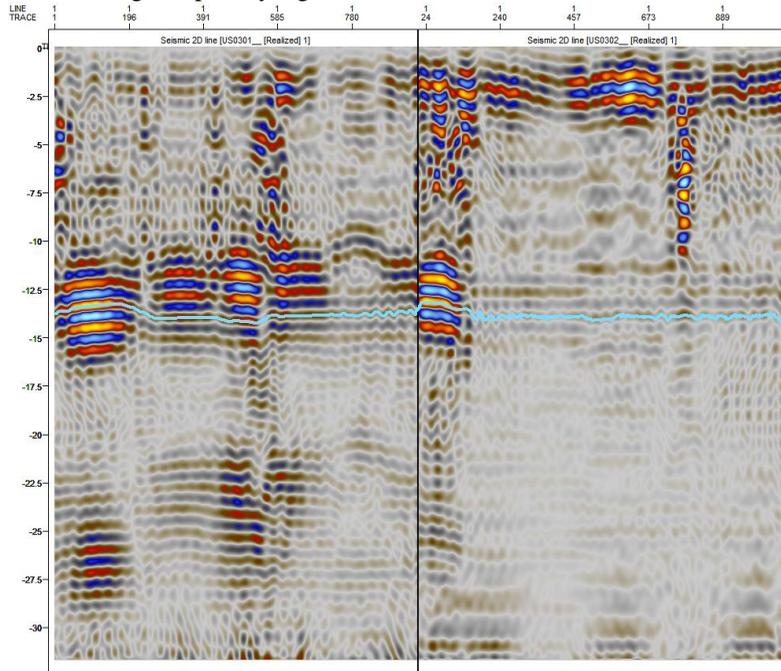
4.5. Analisis dan Pembahasan Lintasan 5

Pengukuran pada lintasan 5 dilakukan dengan lintasan yang didominasi oleh persawahan dan rumah warga. Pada lintasan 5 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari selatan menuju utara. Total panjang lintasan 5 adalah 1.000 meter dan dibagi menjadi 4 bagian dengan setiap bagiannya 250 meter.

- Bagian 1 dan 2

Gambar 4.20 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 5 di bagian 1 dan 6. Pada penampang radargram bagian 1 dapat dijumpai adanya kenaikan sinyal yang kemudian turun kembali pada trace 0–280 (0–100 meter), hal ini diduga karena struktur lapisan yang naik, sedangkan pada bagian 2 dijumpai juga kenaikan sinyal yang kemudian

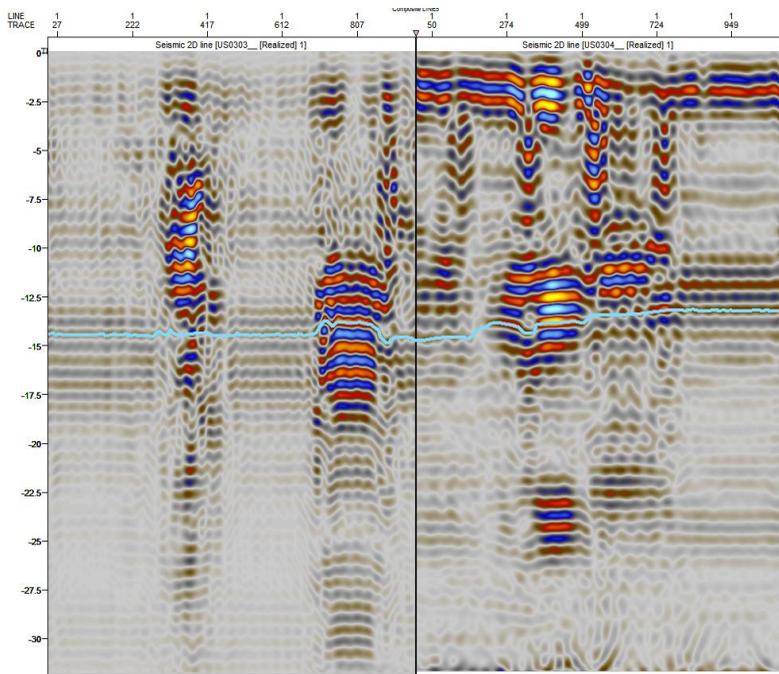
turun kembali pada awal bagian, hal ini dapat diduga karena struktur lapisan yang naik. Secara umum pada lintasan 5 bagian 1 dan 2 memiliki kecenderungan lapisan yang stabil.



Gambar 4. 20 Radargram hasil data lintasan 5 bagian 1 dan 2

- Bagian 3 dan 4

Gambar 4.21 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 5 di bagian 3 dan 4. Pada penampang radargram bagian 3 dapat dijumpai adanya kenaikan sinyal yang kemudian turun kembali pada trace 800 (200 meter), hal ini diduga karena struktur lapisan yang naik, sedangkan pada bagian 4 dijumpai juga kenaikan sinyal yang kemudian turun kembali pada awal bagian, hal ini dikarenakan pada lokasi pengukuran melewati gardu listrik. Secara umum pada lintasan 5 bagian 3 dan 4 memiliki kecenderungan lapisan yang stabil.

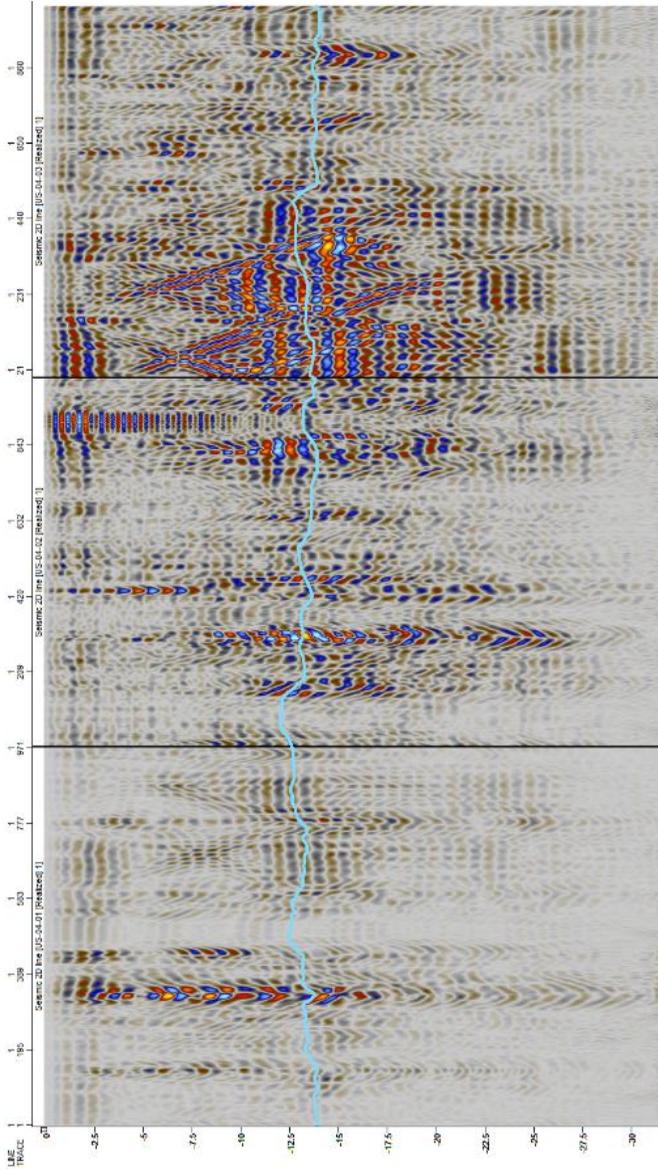


Gambar 4. 21 Radargram hasil data lintasan 5 bagian 3 dan 4

4.6. Analisis dan Pembahasan Lintasan 6

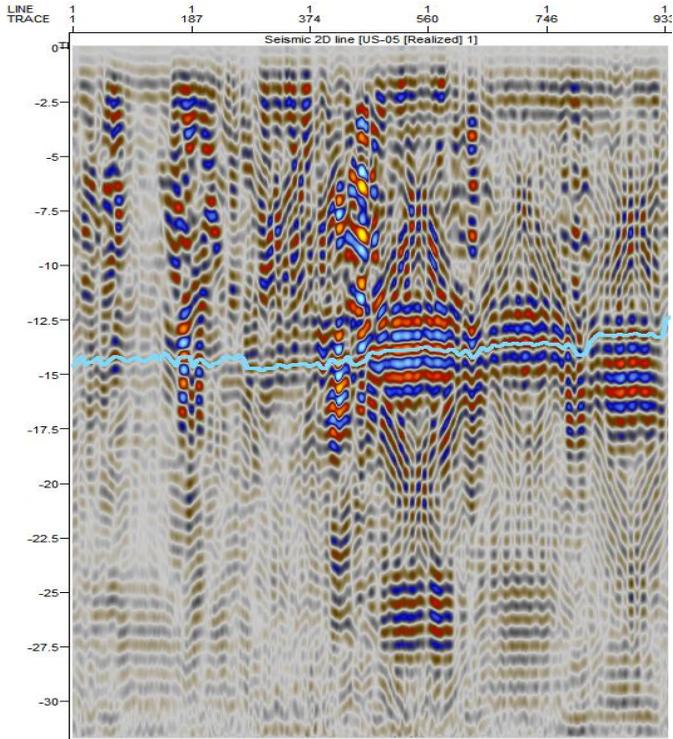
Pengukuran pada lintasan 6 dilakukan dengan lintasan yang didominasi tiang listrik sepanjang lintasan. Pada lintasan 6 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari selatan menuju utara. Total panjang lintasan 6 adalah 750 meter dan dibagi menjadi 3 bagian dengan setiap bagiannya 250 meter.

Gambar 4.22 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 6 di bagian 1, 2 dan 3. Pada penampang radargram bagian 1 dapat dilihat lapisan yang stabil tetapi pada saat trace 370 (170 meter) terdapat tiang listrik yang mengganggu hasil pengukuran, pada bagian 2 terjadi kenaikan lapisan dan kemudian turun kembali lapisan tersebut, sedangkan pada bagian 3 terjadi penurunan lapisan pada trace 490 (130meter) hal ini diduga karena adanya lapisan yang menurun pada daerah tersebut.



Gambar 4. 22 Radagram hasil data lintasan 6

4.7. Analisis dan Pembahasan Lintasan 7

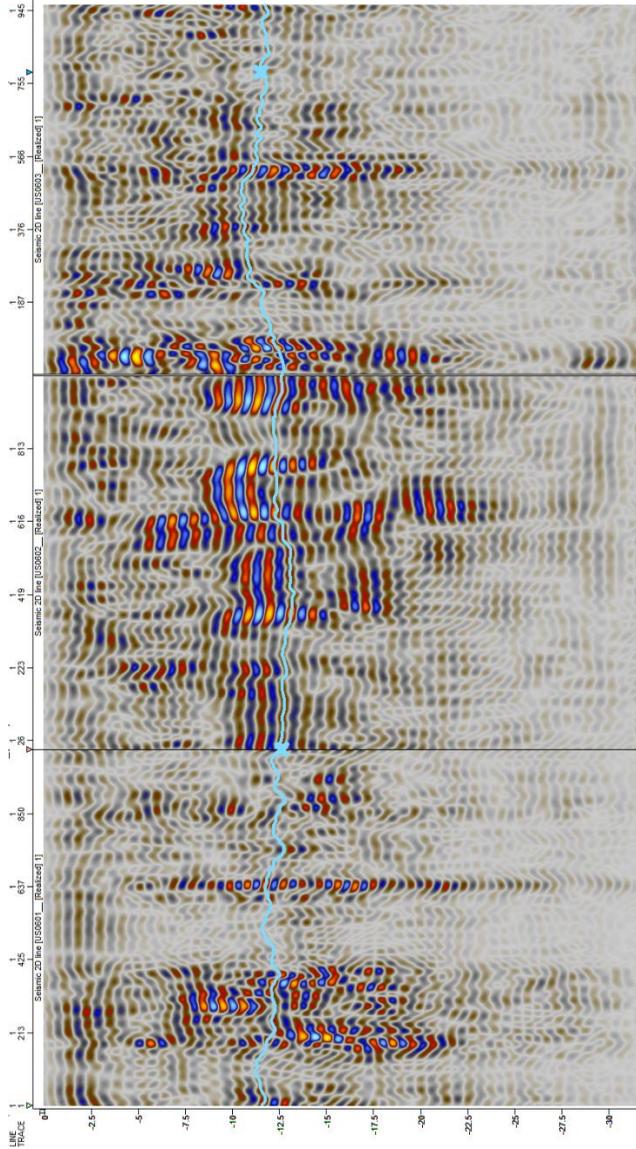


Gambar 4. 23 Radargram hasil data lintasan 7

Pengukuran pada lintasan 7 dilakukan dengan lintasan yang didominasi tiang listrik sepanjang lintasan dan rumah warga. Pada lintasan 6 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari selatan menuju utara. Total panjang lintasan 6 adalah 250 meter.

Gambar 4.23 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 7. Pada penampang radargram dapat dilihat lapisan memiliki kecenderungan yang stabil.

4.8. Analisis dan Pembahasan Lintasan 8



Gambar 4. 24 Radargram hasil data lintasan 8

Pengukuran pada lintasan 8 dilakukan dengan lintasan yang didominasi tiang listrik sepanjang lintasan. Pada lintasan 8 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari selatan menuju utara. Total panjang lintasan 8 adalah 750 meter dan dibagi menjadi 3 bagian dengan setiap bagiannya 250 meter.

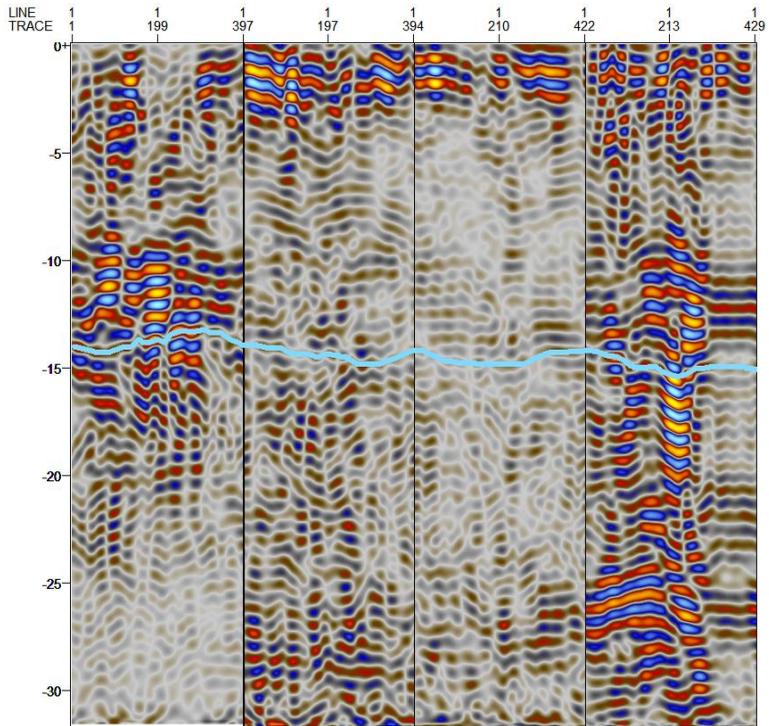
Gambar 4.24 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 8 di bagian 1, 2 dan 3. Pada penampang radargram bagian 1 dapat dilihat lapisan memiliki kecenderungan yang stabil, pada bagian 3 dapat dilihat lapisan yang naik pada saat trace 190 (90 meter), sedangkan untuk bagian 1 dan 2 memiliki lapisan yang cenderung stabil.

4.9. Analisis dan Pembahasan Lintasan 9

Pengambilan data GPR (Ground Penetrating Radar) sepanjang lintasan 9 telah dilakukan dengan menggunakan frekuensi antenna 25MHz. Data pada lintasan 9 dibagi menjadi 8 bagian, pada akuisisi data di lintasan 9 ini berada di pemukiman penduduk, yang dimana banyak melewati tiang listrik, kendaraan berlalu-lalang yang dapat berpengaruh pada hasil pengukuran. Total panjang lintasan 9 adalah 800 meter dengan setiap bagiannya sepanjang 100 meter.

- Bagian 1, 2, 3 dan 4

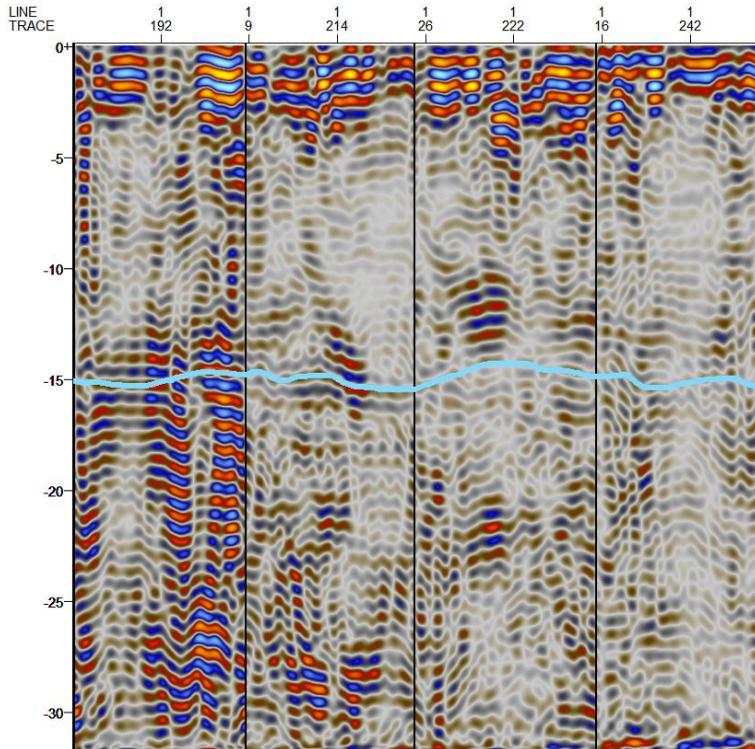
Gambar 4.25 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 9 di bagian 1, 2, 3 dan 4. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan dengan kecenderungan stabil, hanya terjadi kenaikan dan penurunan lapisan dalam interfal tidak sampai 1 meter pada bagian 1 sampai bagian 4.



Gambar 4. 25 Radargram hasil data lintasan 9 bagian 1, 2, 3 dan 4

- Bagian 5, 6, 7 dan 8

Gambar 4.26 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 9 di bagian 5, 6, 7 dan 8. Pada penampang radargram tersebut memperlihatkan lapisan dengan kecenderungan stabil, hanya terjadi kenaikan dan penurunan lapisan dalam interfal tidak sampai 1 meter pada bagian 5 sampai bagian 8.

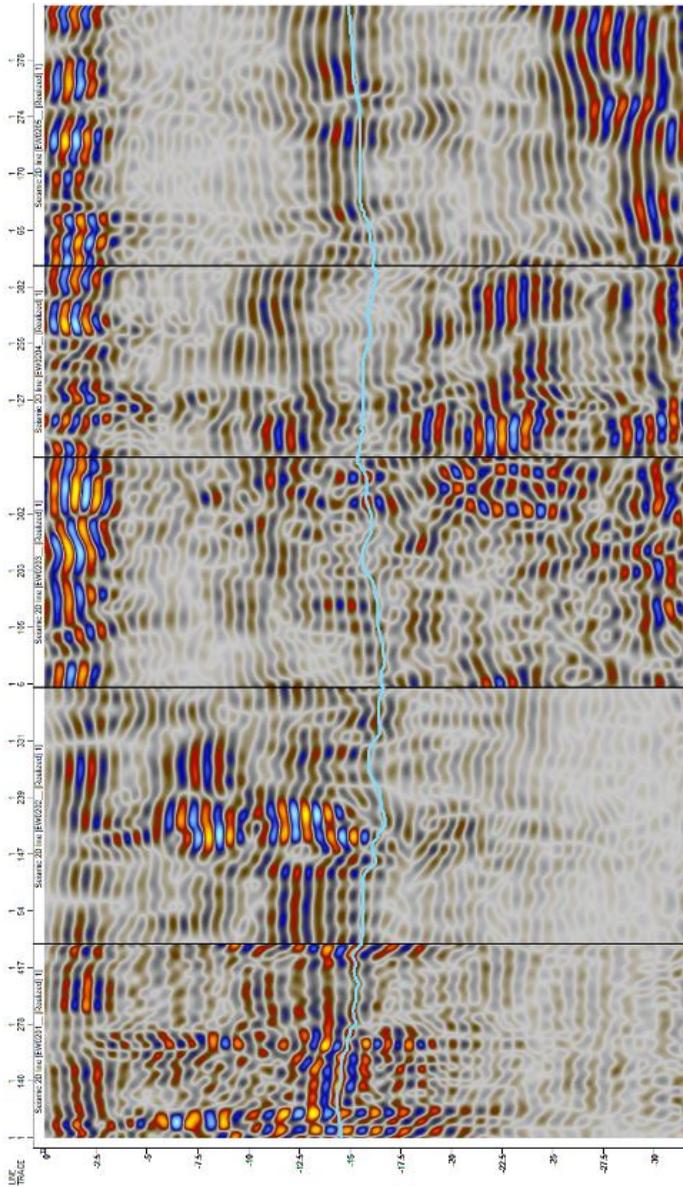


Gambar 4. 26 Radargram hasil data lintasan 9 bagian 5, 6, 7 dan 8

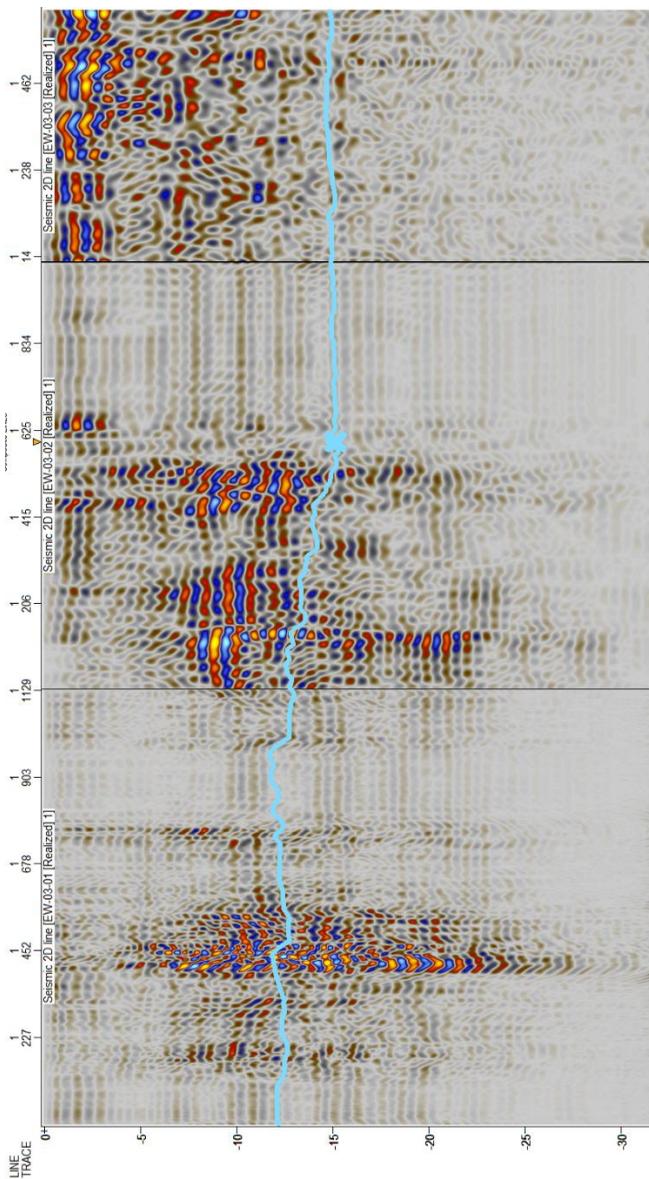
4.10. Analisis dan Pembahasan Lintasan 10

Pengukuran pada lintasan 10 dilakukan dengan lintasan yang didominasi tiang listrik sepanjang lintasan. Pada lintasan 10 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari barat menuju timur. Total panjang lintasan 10 adalah 500 meter dan dibagi menjadi 5 bagian dengan setiap bagiannya 100 meter.

Gambar 4.27 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 10 di bagian 1 sampai 5. Pada lintasan 10 memiliki kecenderungan lapisan yang tidak stabil seperti yang ditunjukkan pada bagian 2 dapat dilihat terdapatnya lapisan yang turun sekitar 1 meter (trace 200/150 meter) dan pada bagian 3 dapat dilihat terdapatnya lompatan lapisan saat trace 205 (250 meter), sedangkan untuk bagian 4 dan 5 memiliki lapisan yang cenderung stabil.



Gambar 4. 27 Radargram hasil data lintasan 10



Gambar 4. 28 Radargram hasil data lintasan 11

4.11. Analisis dan Pembahasan Lintasan 11

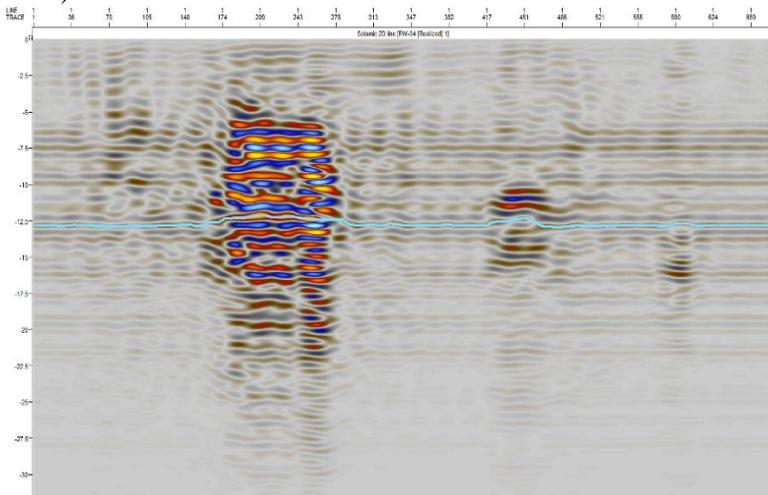
Pengukuran pada lintasan 11 dilakukan pada daerah persawahan. Pada lintasan 11 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari barat menuju timur. Total panjang lintasan 11 adalah 650 meter dan dibagi menjadi 3 bagian dengan bagian 1 dan 2 panjang lintasannya 250 meter, sedangkan bagian 3 panjang lintasannya 150 meter.

Gambar 4.28 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 11 di bagian 1, 2 dan 3. Pada lintasan 11 memiliki lapisan yang tidak stabil pada bagiawan awal lintasan dan pada akhir lapisan seperti yang di tunjukan pada trace 500 (125 meter) yang terjadi kenaikan lapisan dan pada trace 1006 (235 meter) terdapat penurunan lapisan.

4.12. Analisis dan Pembahasan Lintasan 12

Pengukuran pada lintasan 12 dilakukan pada daerah persawahan. Pada lintasan 12 ini pengukuran menggunakan antenna 25MHz dengan arah pengukuran dari barat menuju timur. Total panjang lintasan 11 adalah 200 meter dan dibagi menjadi 1 bagian.

Gambar 4.29 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 12. Pada lintasan 12 memiliki lapisan yang stabil hanya terdapat sedikit kenaikan lapisan pada trace 174 (50 meter) dan pada trace 417 (130 meter).



Gambar 4. 29 Radargram hasil data lintasan 12

4.13. Analisis dan Pembahasan Lintasan 13

Pengukuran pada lintasan 13 dilakukan pada daerah persawahan. Pada lintasan 13 ini pengukuran menggunakan antena 25MHz dengan arah pengukuran dari barat menuju timur. Total panjang lintasan 13 adalah 750 meter dan dibagi menjadi 3 bagian dengan panjang setiap bagiannya 250 meter.

Gambar 4.30 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 13. Pada lintasan 13 memiliki lapisan yang cenderung tidak stabil seperti pada bagian 1 dan bagian 2 dapat dilihat pada penampang radargram bahwa lapisan yang dimunculkan cenderung naik turun atau adanya lompatan lapisan sedangkan untuk bagian 3 lapisan relatif stabil meskipun terdapat penurunan pada awal bagian 3.

4.14. Analisis dan Pembahasan Lintasan 14

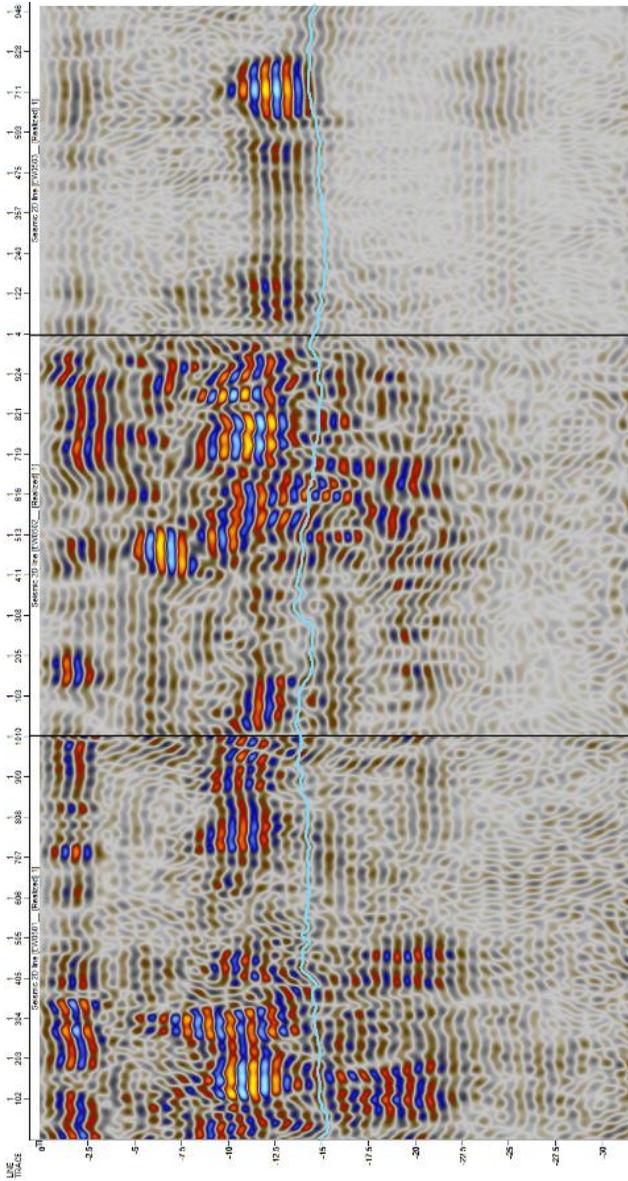
Pengukuran pada lintasan 14 dilakukan pada daerah pemukiman penduduk dan sepanjang lintasan terdapat tiang listrik. Pada lintasan 14 ini pengukuran menggunakan antena 25MHz dengan arah pengukuran dari barat menuju timur. Total panjang lintasan 14 adalah 500 meter dan dibagi menjadi 2 bagian dengan panjang setiap bagiannya 250 meter.

Gambar 4.31 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 14. Pada lintasan 14 memiliki lapisan yang cenderung naik, dapat dilihat pada radargram lintasan 14 pada awal lintasan (bagian 1) lapisan naik dengan stabil sampai dengan akhir lintasan (bagian 2), kenaikan lapisan ini hanya bersekitaran 1,5 meter saja.

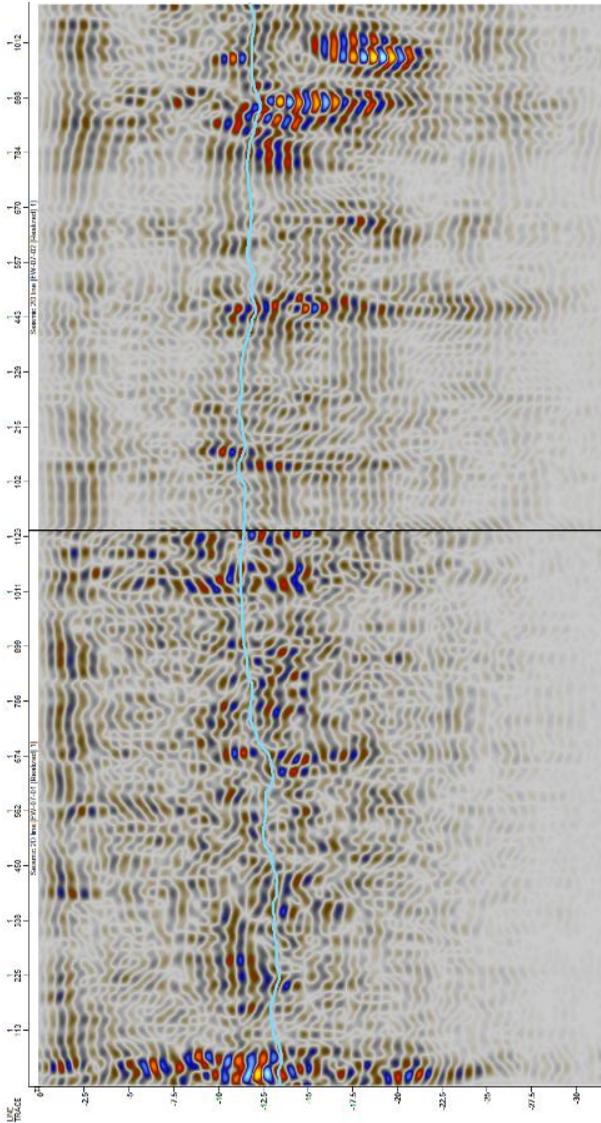
4.15. Analisis dan Pembahasan Lintasan 15

Pengukuran pada lintasan 15 dilakukan pada daerah persawahan, pemukiman penduduk dan sepanjang lintasan terdapat tiang listrik. Pada lintasan 15 ini pengukuran menggunakan antena 25MHz dengan arah pengukuran dari barat menuju timur. Total panjang lintasan 15 adalah 500 meter dan dibagi menjadi 2 bagian dengan panjang setiap bagiannya 250 meter.

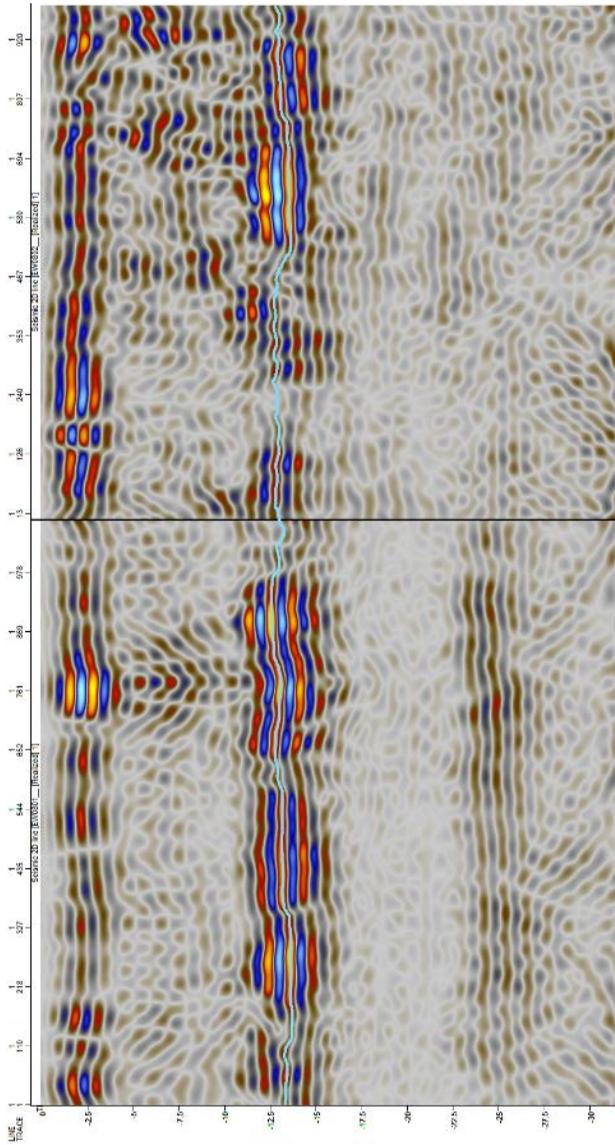
Gambar 4.32 merupakan hasil rekaman data GPR pada lintasan 15. Pada lintasan 15 memiliki lapisan yang cukup stabil, namun pada bagian 2 di trace 467 (365 meter) terjadi penurunan lapisan sekitar 1 meter.



Gambar 4. 30 Radargram hasil data lintasan 13



Gambar 4. 31 Radargram hasil data lintasan 14



Gambar 4. 32 Radargram hasil data lintasan 15

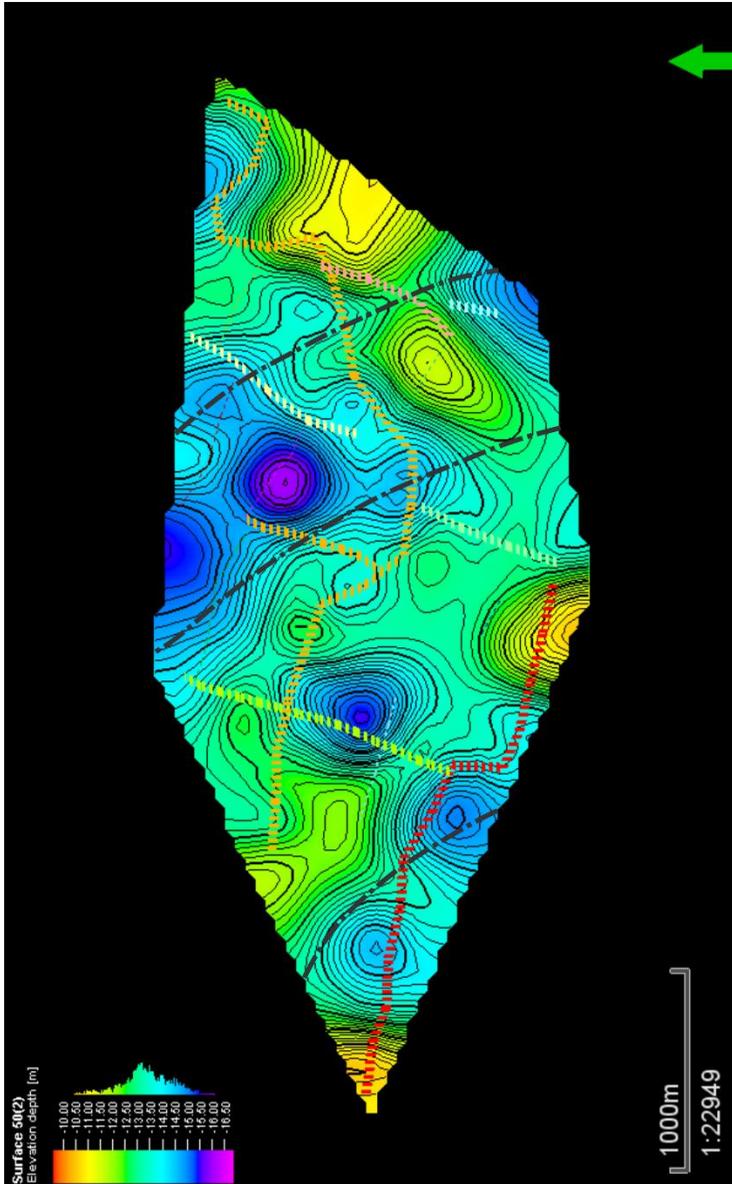
4.16. Analisis bawah Permukaan

Pendugaan menggunakan metoda GPR telah dilakukan dengan mempergunakan GPR Mala dengan frekuensi antena 25Mhz, pembahasan dalam sub-bab ini merupakan analisis gabungan dari hasil interpretasi data GPR yang telah dilakukan. Dari analisis ini diharapkan dapat memprediksi struktur lapisan bawah permukaan.

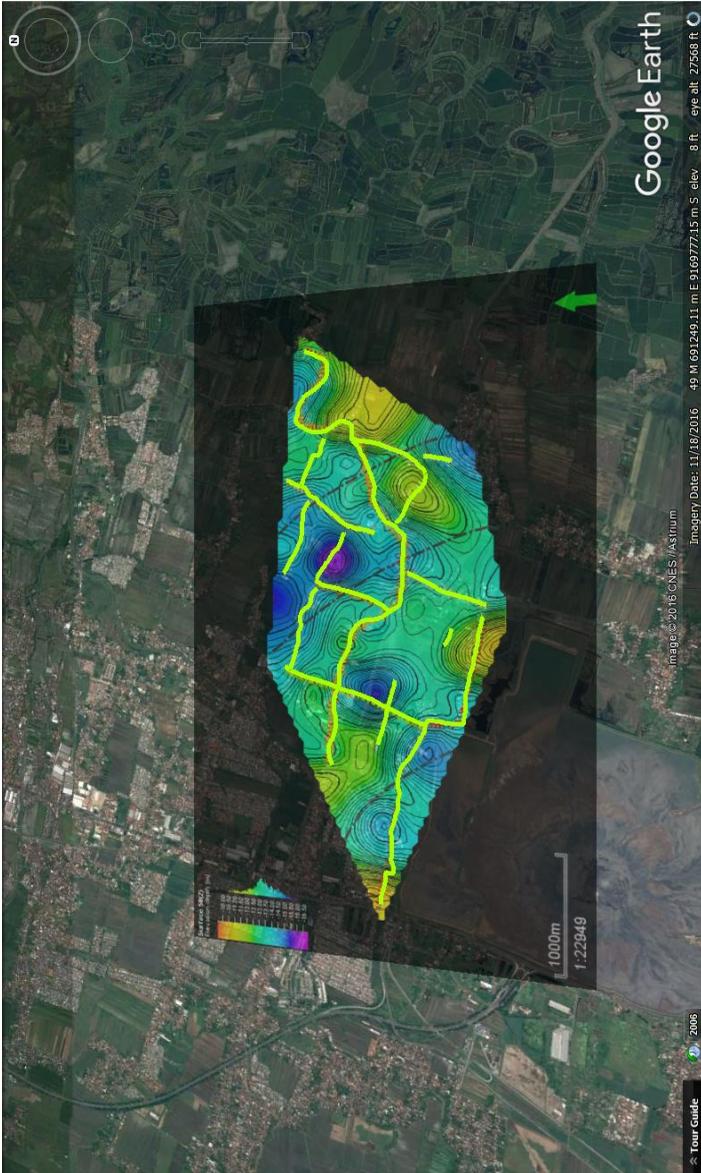
Setelah dilakukannya interpretasi data GPR dilakukan interpolasi untuk menghasilkan peta 2D lapisan, pada pembuatan peta 2D menggunakan grid 50x50 karena dalam pengambilan sampel data tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat selain itu grid ini memiliki hasil ini yang dirasa paling akurat. Selain itu dalam pembuatan peta 2D menggunakan metoda interpolasi konvergen karena metoda ini akan menonjolkan hasil yang tinggi maupun rendah dengan menghaluskan hasilnya sehingga tidak terjadi keluarnya lompatan nilai yang terlalu jauh. Untuk peta 2D ini menggunakan iterasi 1 kali dan smoothing 2 kali untuk menghasilkan peta yang lebih jelas.

Setelah di dapat peta 2D dapat dilihat bahwa pada daerah pengukuran memiliki kecenderungan naik turun, walaupun naik turun lapisan tersebut hanya dalam interfal 0-4m. Pada gambar 4. 33 memperlihatkan hasil peta 2D dari lapisan bawah permukaan dengan menggunakan GPR, dapat dilihat pada utara tanggul memiliki lapisan yang kurang rata, pendugaan karena lapisan bawah permukaan yang tidak rata dikarenakan adanya efek dari semburan lumpur sidoarjo. Dapat dilihat pada lintasan 2 yang memiliki kecenderungan lebih rendah dibanding lainnya hal ini dikarenakan lintasan ini hanya berjarak 1.800 meter dari sisi utara tanggul. Untuk lintasan lain didominasi oleh naik turunnya lapisan atau ketidak setabilan lapisan.

Dari hasil peta 2D lapisan dapat dilihat bahwa pada daerah penelitian terdapat rekahan yang berbentuk lingkaran ditandai garis putus-putus berwarna hitam (gambar 4.33). Terdapatnya patahan ini dapat disimpulkannya karena terdapatnya anomali penurunan lapisan atau amblesan pada daerah tersebut, pada peta 2D diwarnai dengan warna ungu, hal ini yang dapat meyakinkannya bahwa terdapat rekahan melingkah yang di sebabkan Lumpur Lapindo, rekahan ini juga yang menyebabkan terjadinya amblesan atau penurunan lapisan pada daerah Tanggulangin, Sidoarjo.



Gambar 4. 33 Peta 2D Lapisan pada daerah pengukuran



Gambar 4. 34 Overlay Peta 2D Lapisan pada daerah pengukuran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain.

1. Terdapat beberapa lokasi naik turunnya lapisan atau ketidak stabilan lapisan, yang ditunjukkan dengan penampang radargram dan peta lapisan 2D yang dihasilkan oleh GPR. Pada setiap lintasan pengukuran selalu ditemukan naik turunnya lapisan walau hanya bersekitar 0-4 meter.
2. Dengan banyaknya dugaan naik turunnya lapisan yang terdapat di daerah pengukuran, memperlihatkan bahwa daerah penelitian tersebut relatif tidak stabil yang di sebabkan oleh semburan Lumpur Sidoarjo.
3. Terdapatnya rekahan melingkar yang di sebabkan oleh semburan Lumpur Lapindo, rekahan ini yang menyebabkan terjadinya amblesan atau penurunan lapisan pada daerah Tanggulangin, Sidoarjo.

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 pembanding hasil lapisan bawah permukaan.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.L. (1979). "Studies In Fluvial Sedimentation: Anelementary Geometric Model For The Connectedness Of Avulsion-Related Channel Sand Bodies". *Sedimentary Geology*, vol.24, pp.253-267.
- Annan, A.P. (2003). *Ground Penetrating Radar Principles, Procedures & Applications*. Canada: Sensors & Software Inc.
- Arisona. (2009). *Migrasi Data Georadar dengan Metode Pergeseran Fasa*. Jurnal Aplikasi Fisika. Vol 5, No 1.
- Astutik, S. (1997). *Penggunaan Ground Penetrating Radar (GPR) Sebagai Metal Detector*. Jember.
- Badri, I., Setyanto, H., dkk. (2007). *Peta Geologi Kabupaten Sidoarjo skala 1: 100.000*. Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo, Sidoarjo.
- Budiono, K., Handoko, & Hermawan, U. (2010). "Penafsiran Struktur Geologi Bawah Permukaan di Kawasan Semburan Lumpur Sidoarjo, Berdasarkan Penampang Ground Penetrating Radar (GPR)". *Jurnal Geologi Indonesia*, vol. 5, pp. 187-195.
- Daniels, D.J.(Ed.). (2004). *Ground Penetrating Radar (2nd Edition)*. London: Institution of Electrical Engineering.
- Davies, R. J., Swarbrick, R. E., Evans, R. J., & Huuse, M. (2007). "Birth of a mud volcano: East Java, 29 May 2006". *GSA Today*: V. 17, No. 2, pp. 4-9.
- Grandis, H., Sudarman, S., Hendro, A. (2002). *Aplikasi Metoda Magnetotellurik (MT) dalam Eksplorasi Geothermal*. Bandung: Geoforum HAGI Bandung 2002.
- Mazzini, A., Svensen, H., Akhmanov, G., dkk. (2007). "Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia". *Earth and Planetary Science Letters* 261, pp. 375-388.

- Musseett, Alan E., Khan, M. Aftab. (1993). *Looking Into the Earth*. New York: Cambridge University Press.
- Santosa, S., Suwarti, T., (1992). *Peta Geologi Lembar Malang, Jawa, skala 1: 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sari. (2008). "Amblesan di daerah Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur". *Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 1, Maret, 2008*, pp. 1-9
- Sungkono, A.H., H.P., Ayi, S.B., Fernando A.M.S., Bagus J.S. (2014). "The VLF-EM Imaging of Potential Collapse on The LUSI Embankment". *Journal of Applied Geophysics*, pp. 109.
- Supriyanto. (2007). *Perambatan Gelombang Elektromagnetik*. Fisika-FMIPA UI: Jakarta.
- Syaeful, A. B., Supriyanto, Jaya, B. S. (2009). *Penentuan Karakteristik Dinding Gua Seropan Gunung Kidul dengan Metoda Ground Penetrating Radar*. Surabaya.
- Widodo, A. (2007). *Memahami Bencana Gunung Lumpur: Kasus Lumpur Panas Sidoarjo*. Surabaya: ITS Press.
- Yin, H., & Jr, R. H. (2004). Balancing and restoration of piercement structures: geologic insights from 3D kinematic models. *Journal of Structural Geology*, 99-114.

PROFIL PENULIS



Elfarabi dilahirkan di Surabaya 27 November 1994 dari pasangan Bapak Amien Laila dan Ibu Kemalasari. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai di TK Al-Wahyu (1999-2000), kemudian dilanjutkan di SD Laboratorium UNESA hingga tahun 2006. Pada tahun 2006 sampai 2009 melanjutkan pendidikan di SLTP Al-Hikmah. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Al-Falah Ketintang. Setelah lulus SMA pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik

Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama menjadi mahasiswa di ITS, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, diantaranya menjadi staf Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (PSDM-HMTG ITS) periode 2014/2015, Kepala Departemen Media dan Informasi Society of Exploration Geophysicists Institut Teknologi Sepuluh Nopember Student Chapter (SEG ITS SC) periode 2014/2015, Vice President Society of Exploration Geophysicists Institut Teknologi Sepuluh Nopember Student Chapter (SEG ITS SC) periode 2015/2016. Selain itu, penulis juga beberapa kali menjadi panitia, seperti Kepala Divisi Perlengkapan pada acara Integrated Petroleum Exploration and Exploitation (IPEE 2015), Ketua Acara Pengenalan Keprofesian dan Ormawa (PKO-HMTG ITS 2015). Penulis memiliki pengalaman menjadi pengisi materi pada saat acara Kelas Inspirasi Kebumihan 2016 (HMTG ITS). Jika ingin berdiskusi lebih jauh mengenai tugas akhir penulis, dapat menghubungi: elfarabi.amien@gmail.com