

**IDENTIFIKASI ENDAPAN SEDIMEN DI SUNGAI WAY SEPUTIH – MUARA
CABANG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH MENGGUNAKAN METODE
*GROUND PENETRATING RADAR (GPR)***

(Skripsi)

Oleh:

**Nadia Agustin
2015051047**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**IDENTIFIKASI ENDAPAN SEDIMEN DI SUNGAI WAY SEPUTIH – MUARA
CABANG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH MENGGUNAKAN METODE
*GROUND PENETRATING RADAR (GPR)***

Oleh

Nadia Agustin

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
Sarjana Teknik**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI ENDAPAN SEDIMEN DI SUNGAI WAY SEPUTIH – MUARA CABANG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH MENGGUNAKAN METODE *GROUND PENETRATING RADAR* (GPR)

Oleh

Nadia Agustin

Penelitian ini dilakukan di Sungai Way Seputih – Muara Cabang menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR). Tujuan dilakukan penelitian yaitu untuk mengetahui jenis lapisan bawah permukaan Sungai Way Seputih – Muara Cabang yang mempengaruhi proses sedimentasi dan menentukan kedalaman dan ketebalan lapisan bawah permukaan Sungai. Sungai Way Seputih merupakan salah satu sungai besar di Provinsi Lampung, dengan luas wilayah daerah aliran sungai (DAS) sebesar 749.299,201 ha. Sungai Way Seputih memiliki panjang 193 km. Proses sedimentasi yang terjadi di Muara Way Seputih yang mengakibatkan pendangkalan sungai yang akan berdampak bencana banjir pada saat musim penghujan. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 5 lintasan yang digabung menjadi 1 lintasan sepanjang 14,97 km. Pengolahan data meliputi *Combine file f.CMP, static correction, subtract mean (dewow), bandpass butterworth, background removal, gain, FK- filter, dan time depth conversion*. Berdasarkan analisa dan interpretasi data, terdapat 2 sampel lintasan yang diinterpretasi dengan lapisan bawah permukaan sungai terdiri dari air, lempung berpasir, pasir, pasir lanau dengan kedalaman sungai ± 30 m. Pada lintasan 1 yang terdapat di hulu sungai terdapat 4 lapisan yang terdiri dari air dengan kedalaman 0 – 3 m, lapisan kedua terdapat lempung berpasir dari kedalaman 4 – 14 m, lapisan ketiga terdapat pasir dari kedalaman 13 – 23 m, dan lapisan terakhir terdapat pasir lanau dari kedalaman 23 – 30 m.

Kata kunci: Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR), sedimentasi sungai, Sungai Way Seputih – Muara Cabang

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF SEDIMENT DEPOSITS IN THE WAY SEPUTIH RIVER – MUARA CABANG, CENTRAL LAMPUNG DISTRICT USING THE GROUND PENETRATING RADAR (GPR) METHOD

By

Nadia Agustin

This research was conducted at the Way Seputih River – Muara Branch using the Ground Penetrating Radar (GPR) method. The aim of the research is to determine the type of subsurface layer of the Way Seputih – Muara Branch River which influences the sedimentation process and determine the depth and thickness of the subsurface layer of the river. The Way Seputih River is one of the large rivers in Lampung Province, with a river basin area (DAS) of 749,299,201 ha. The Way Seputih River is 193 km long. The sedimentation process that occurs in Muara Way Seputih results in shallowing of the river which will result in flood disasters during the rainy season. The data used in the research consists of 5 tracks combined into 1 track 14.97 km long. Data processing includes Combine f.CMP files, static correction, subtract mean (dewow), butterworth bandpass, background removal, gain, FK-filter, and time depth conversion. Based on data analysis and interpretation, the subsurface layer of the river consists of water, sandy clay, sand, sand and silt with a river depth of ± 30 m. In route 1, which is at the upstream of the river, there are 4 layers consisting of water with a depth of 0 – 3 m, the second layer contains sandy clay from a depth of 4 – 14 m, the third layer contains sand from a depth of 13 – 23 m, and the last layer contains sand. silt from a depth of 23 – 30 m.

Key words: *Ground Penetrating Radar (GPR) method, river sedimentation, Way Seputih River – Muara Branch.*

Judul Skripsi

**IDENTIFIKASI ENDAPAN SEDIMEN DI
SUNGAI WAY SEPUTIH – MUARA
CABANG, KABUPATEN LAMPUNG
TENGAH MENGGUNAKAN METODE
GROUND PENETRATING RADAR (GPR)**

Nama Mahasiswa

Nadia Agustin

Nomor Pokok Mahasiswa

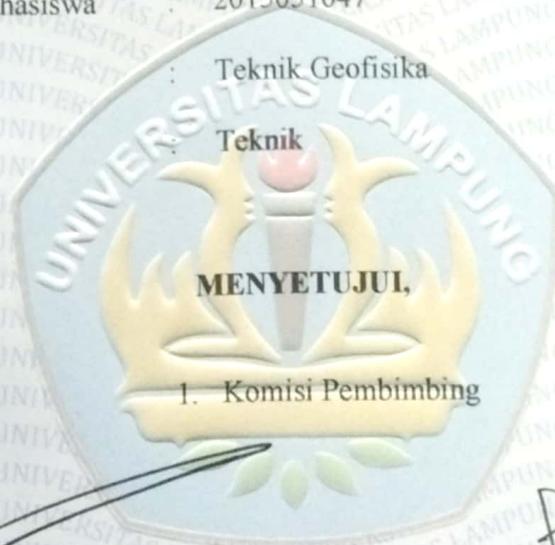
2015051047

Jurusan

Teknik Geofisika

Fakultas

Teknik



1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si, IPM.

NIP. 197307162000121002

Sandri Erfani, S.Si., M.Eng.

NIP. 198902152019031016

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Karyanto, S.Si., M.T.

NIP. 196912301998021001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Sandri Erfani, S.Si., M.Eng.

Penguji
Bukan
Pembimbing : Rutadi, S.Si., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

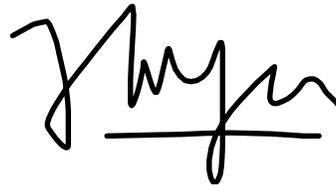
Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**IDENTIFIKASI ENDAPAN SEDIMEN DI SUNGAI WAY SEPUTIH – MUARA CABANG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH MENGGUNAKAN METODE *GROUND PENETRATING RADAR (GPR)***” merupakan karya sendiri bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini sudah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari skripsi saya terbukti merupakan hasil jiplakan atau telah dibuat oleh orang lain sebelumnya, maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar sarjana yang sudah saya terima.

Bandar Lampung, 19 Juni 2024



Nadia Agustin
NPM. 2015051047

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Rukti Sediyo, Kec. Raman Utara, Kab. Lampung Timur pada tanggal 30 Agustus 2002. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Purwanto dan Ibu Mulyati. Penulis memiliki adik bernama Melva Aura Puri. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Masyarakat Raman Aji pada tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan di SDN 5 Raman Aji selesai pada tahun 2014, lalu melanjutkan ke SMP N 1 Raman Utara diselesaikan pada tahun 2017, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di MAN 1 Lampung Timur dan diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri jalur SBMPTN Universitas Lampung di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika, penulis mengikuti organisasi Hima TG Bhuwana sebagai anggota Dana dan Usaha (DANUS), selain itu penulis juga mengikuti HMGI Pusat sebagai anggota Hubungan Eksternal. Selain itu penulis juga mengikuti organisasi IKAM Lampung Timur sebagai anggota Sosial Masyarakat. Penulis melakukan kegiatan KKN di desa Way Batang, Kec. Lemong, Kab. Pesisir Barat. Selain itu penulis juga melaksanakan Kerja Praktik di BMKG Stasiun Geofisika Padang Panjang pada tahun 2023 dan melanjutkan penelitian Tugas Akhir di Universitas Lampung menggunakan metode *Ground Penetrating Radar (GPR)*.

MOTTO HIDUP

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”

(QS. Al-Insyirah : 6-7)

“Tidak ada perjuangan tanpa rasa sakit, tapi percayalah sakitnya sementara dan suatu saat akan menikmati bahagiannya”

(Nadia Agustin)

“Life like there is no tomorrow”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku ilmu serta memperkenalkan dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi

Bapak Purwanto & Ibu Mulyati

Terimakasih telah memberikan kasih sayang, motivasi, dukungan, ridho dan doa – doa yang engkau panjatkan sehabis sholatmu. Terimakasih sudah menjadi tempat pulang saat aku kehilangan arah. Tetaplah hidup sampai aku bisa membahagiakanmu
Bapak & Ibu.

Adik tercinta Melva Aura Puri

Terimakasih atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan. Tetap semangat dan berjuanglah sampai akhir.

Teknik Geofisika 2020

Terimakasih atas suka dan duka yang sudah dilalui, tetap semangat dan tetap membumi.

Almamater tercinta Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**IDENTIFIKASI ENDAPAN SEDIMEN DI SUNGAI WAY SEPUTIH – MUARA CABANG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH MENGGUNAKAN METODE *GROUND PENETRATING RADAR (GPR)***”. Skripsi ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Namun penulis menyadari masih banyak ketidaksempurnaan dan kesalahan dalam penulisan. Oleh karena itu penulis meminta maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun sebagai evaluasi kedepannya. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 19 Juni 2024

Penulis



Nadia Agustin

NPM. 2015051047

SANWACANA

Penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada Bapak Purwanto dan Ibu Mulyati yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa – doa yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kepada Ibu Nengah Marni yang telah memberikan dukungan, motivasi dan uang jajan setiap minggunya.
3. Kepada adik Melva Aura Puri yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
4. Bapak Karyanto, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing 1 yang telah memberikah arahan, bimbingan dan koreksi selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Sandri Erfani, S.Si., M.Eng, selaku Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk bimbingan dan koreksi penulisan dalam skripsi ini.
7. Bapak Rustadi, S.Si., M.T., selaku penguji di Tugas Akhir penulis yang telah memberikan saran dan masukan.
8. Segenap dosen – dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

9. Keluarga Teknik Geofisika 2020 yang senantiasa kebersamai dalam proses penyusunan skripsi.
10. Kepada Idham Rasyid yang istimewa dengan memberikan motivasi dalam penyusunan skripsi.
11. Luthfi Zuliyanti, Feby Alifa, Retno Aulia, Serly Anggraini, Dinar Pratiwi dan Hasnuraini Aulya terimakasih sudah memberikan canda tawa disetiap harinya dan terimakasih sudah kebersamai dalam penulisan skripsi ini.
12. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam penulisan skripsi ini'
13. Dan yang terakhir, tidak lupa berterimakasih untuk diri sendiri "Nadia Agustin" sudah bisa bertahan sejauh ini, sudah kuat melewati rintangan – rintangan yang sudah dialami, terimakasih untuk tidak memilih menyerah meskipun sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini. Selamat atas pencapaiannya "Nadia Agustin".

Bandar Lampung, 19 Juni 2024

Penulis



Nadia Agustin

NPM. 2015051047

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO HIDUP	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Lokasi Daerah Penelitian	5
2.2 Geologi Regional.....	5
2.3 Stratigrafi.....	8
2.4 Sungai.....	9

2.5	Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Seputih.....	11
2.6	Topografi.....	14
2.7	Morfologi Sungai	15
2.8	Sedimentasi	17
2.8.1	Pengertian Sedimentasi.....	17
2.8.2	Jenis – Jenis Sedimentasi.....	18
2.8.3	Bentuk – Bentuk Sedimentasi Berdasarkan Tempat Terjadinya.....	19
2.9	Banjir.....	20
2.10	Penelitian terdahulu.....	25
III.	TEORI DASAR.....	30
3.1	<i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR).....	30
3.2	Gelombang Elektromagnetik.....	31
3.3	Prinsip Kerja <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR).....	35
3.4	Skin Depth.....	39
3.5	Akuisisi Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	41
3.6	Pengolahan Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR).....	43
3.7	Intepretasi data <i>Ground Penetrating Radar</i>	49
IV.	METODOLOGI PENELITIAN.....	51
4.1	Waktu dan Tempat Penelitian	51
4.2	Alat dan Bahan.....	51
4.3	Jadwal Kegiatan	52
4.4	Prosedur Penelitian.....	54
4.5	Diagram alir	75
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	77
5.1	Data Pengamatan.....	77
5.2	Interpretasi Data	78
VI.	PENUTUP	91
6.1	Kesimpulan	91
6.2	Saran.....	92
	DAFTAR PUSTAKA	93

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian	6
Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (dimodifikasi dari Burhan dkk., 1993)	7
Gambar 3. Penambang pasir di tepi Sungai Way Seputih - Muara Cabang (Konsentris.id, 2022).....	10
Gambar 4. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Lampung Tengah	13
Gambar 5. Peta Topografi Kabupaten Lampung Tengah.....	16
Gambar 6. Proses sedimentasi sungai (Syukur, 2009).	19
Gambar 7. Banjir di Kabupaten Lampung Tengah (Republika co.id, 2018).....	21
Gambar 8. Peta risiko bencana banjir Kabupaten Lampung Tengah (dimodifikasi dari BAPEDDA, 2024).	22
Gambar 9. Peta curah hujan Kabupaten Lampung Tengah	24
Gambar 10. Penjalaran gelombang elektromagnetik.....	32
Gambar 11. Skema pengambilan data GPR (Reynold, 2011).....	36
Gambar 12. Skema pengukuran radar reflection profiling (Syukur, 2009)	41
Gambar 13. Skema pengukuran WAR (Syukur, 2009).....	42
Gambar 14. Skema pengukuran CMP Sounding (Syukur, 2009)	42
Gambar 15. Skema pengukuran radar tomography (Syukur, 2009)	43
Gambar 16. Cara kerja subtract mean-dewow (Jol, 2008)	45
Gambar 17. Band-pass filtering pada spektrum frekuensi dari data GPR (Benedetto dkk., 2017).....	46
Gambar 18. Karakteristik refleksi data GPR untuk interpretasi litologi (Powers, 1999).....	50

Gambar 19. Tahap input data.....	55
Gambar 20. Tampilan jendela <i>combine file f.CMP</i>	56
Gambar 21. Tampilan lintasan yang sudah digabung	57
Gambar 22. Tampilan jendela <i>static correction</i>	58
Gambar 23. (a) Sebelum dilakukan <i>static correction</i> (b) Sesudah dilakukan <i>static correction</i>	59
Gambar 24. Tampilan jendela kerja <i>subtract mean (dewow)</i>	61
Gambar 25. (a) Tampilan sebelum <i>dewow</i> (b) Tampilan sesudah <i>dewow</i>	62
Gambar 26. Tampilan jendela <i>bandpass butterworth</i>	63
Gambar 27. (a) Tampilan sebelum <i>bandpass butterworth</i> (b) Tampilan sesudah <i>bandpass butterworth</i>	64
Gambar 28. Tampilan jendela kerja <i>background removal</i>	65
Gambar 29. (a) Tampilan sebelum <i>background removal</i> (b) Tampilan sesudah <i>background removal</i>	66
Gambar 30. Tampilan jendela kerja dari proses <i>gain</i>	67
Gambar 31. (a) Tampilan sebelum proses <i>gain</i> (b) Tampilan sesudah proses <i>gain</i> ...	68
Gambar 32. Tampilan jendela kerja F-K Filter/F-K Spectrum.....	69
Gambar 33. Tampilan radargram pada domain frekuensi (f) dan bilangan gelombang (k)	70
Gambar 34. (a) Tampilan sebelum proses <i>fk filter/fk spectrum</i> (b) Tampilan sesudah proses <i>fk filter/fk spectrum</i>	71
Gambar 35. Tampilan jendela <i>time depth conversion</i>	72
Gambar 36. (a) Tampilan sebelum <i>time depth conversion</i> (b) Tampilan sesudah <i>time depth conversion</i>	73
Gambar 37. Diagram alir penelitian	76
Gambar 38. Peta pengukuran GPR.....	77
Gambar 39. Lintasan 1.....	81
Gambar 40. Data lintasan 1 setelah proses model 2D	82
Gambar 41. Model lapisan lintasan 1	83
Gambar 42. Lintasan 2.....	85

Gambar 43. Data lintasan 2 setelah proses 2D	86
Gambar 44. Model lapisan lintasan 2	87
Gambar 45. Model 3D lapisan bawah permukaan Sungai Way Seputih	90

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Stratigrafi daerah penelitian (Burhan dkk., 1993)	8
Tabel 2. Klasifikasi curah hujan	23
Tabel 3. Daftar penelitian terdahulu	27
Tabel 4. Tabel konstanta dielektrik relatif dan kecepatan gelombang elektromagnetik untuk berbagai materi geologi dan buatan (Reynolds, 2011).	34
Tabel 5. Besaran frekuensi dan penetrasi (Lehmann dan Green, 1999).	40
Tabel 6. Data penelitian	51
Tabel 7. <i>Software</i> yang digunakan dalam penelitian	52
Tabel 8. Jadwal kegiatan penelitian	53
Tabel 9. Nilai parameter fisis hasil interpretasi lintasan 1	79
Tabel 10. Nilai parameter fisis hasil interpretasi lintasan 2	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Way Seputih merupakan salah satu sungai terbesar di Provinsi Lampung, dengan luas wilayah daerah aliran sungai (DAS) sebesar 749.299,201 ha. Bagian hulu terletak di Kecamatan Padang Ratu dan Kecamatan Pulau Panggung (Kabupaten Tanggamus), sedangkan bagian hilir berada di Kecamatan Tanjung Raja (Kabupaten Lampung Utara). Kabupaten Lampung tengah memiliki luas daerah aliran sungai 461,922,201 ha atau sekitar 61,65% (Edward, 2012). Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Tengah (2016), Sungai Way Seputih memiliki panjang 193 km, yang terdapat bangunan industri, danau, lahan terbangun, lahan tidak terbangun, rawa, sungai, ladang / tegalan, waduk, dan permukiman.

Sungai Way Seputih memiliki aliran sungai yang melalui daerah irigasi rawa yang berada di Kecamatan Bandar Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah. Menurut berita yang diambil dari Liputan6.com, pada bulan Februari 2018 telah terjadi banjir besar yang memakan korban jiwa sebanyak 3 korban jiwa dan mengakibatkan curah hujan yang tinggi sehingga mengakibatkan sungai Way Seputih meluap tidak mampu menampung debit air banjir di daerah Irigasi Rawa Bandar Surabaya. Luapan banjir ini juga mengakibatkan tanggul penahan banjir sungai Way Seputih daerah Irigasi Rawa Bandar Surabaya mengalami penggerusan dan longsoran (Amran dan Syafi'i, 2020).

Alur Sungai Way Seputih sering kali mengalami perubahan yang diakibatkan oleh adanya aktivitas penambang pasir ilegal yang tidak terkontrol di sisi – sisi sungai Way Seputih. Berdasarkan hasil survei, potensi erosi rata-rata yang terjadi di hulu DAS Way Seputih adalah 3,74 mm/tahun (Kusdian, 2011). Bahaya erosi dapat berdampak pada terjadinya proses sedimentasi pada bagian hilir sungai yang dapat menjadi penyebab utamanya yaitu berkurangnya vegetasi yang dapat berakibat pada besarnya laju erosi pada bagian hulu Sungai.

Muara Way Seputih berada di dekat Dermaga Kuala, sering mengalami pendangkalan yang parah yang diakibatkan oleh erosi sungai. Kedalaman sungai ini kurang dari 2 m saat air sungai surut, sehingga warga sekitar muara dapat menyebrangi sungai dengan berjalan kaki. Kapal penyebrangan di Sungai Way Seputih digunakan untuk angkutan sungai, baik penumpang maupun barang (Kusdian, 2011). Dampak rendahnya aliran sungai dapat berdampak pada terjadinya banjir pada saat puncak arus atau musim penghujan.

Ditinjau dari permasalahan tersebut, maka perlu dikaji lebih dalam lagi terkait proses sedimentasi yang terjadi di Muara Way Seputih yang mengakibatkan pendangkalan sungai yang akan berdampak bencana banjir pada saat musim penghujan. Kasus seperti ini dapat dikaji lebih mendalam menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR). Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) merupakan salah satu metode geofisika yang mengandalkan gelombang elektromagnetik. Pada metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) ini akan melakukan pendeteksian benda – benda yang berada di bawah permukaan tanah dengan mengirimkan radiasi elektromagnetik dalam gelombang mikro (frekuensi UHF/VHF) dari spektrum radio yang kemudian akan dipancarkan ke bumi kemudian diteruskan, dipantulkan dan dihamburkan oleh lapisan dan anomali yang terdapat di bawah permukaan. Dengan sifatnya yang non-destruktif yakni tidak merusak metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) ini memiliki resolusi yang tinggi terhadap kontras dielektrik material bumi dan

mampu melakukan pendeteksian ketebalan dan kedalaman lapisan bawah permukaan berdasarkan gelombang elektromagnetik yang dipantulkan. Ketika gelombang radar yang dipancarkan oleh transmitter mengenai suatu permukaan atau benda yang sangat konduktif, maka sinyal yang terekam di receiver akan menjadi sangat lemah. Hal ini disebabkan gelombang yang ditransmisikan diserap oleh material yang mempunyai konduktivitas tinggi (Musset dan Khan, 2000).

Proses pengambilan data radar dapat dilakukan di darat maupun di sungai. Akuisisi di sungai cukup efektif dalam memetakan dasar sungai dan lapisan *bedrock*. Selain itu dalam pengoperasian alat lebih mudah dibandingkan dengan menggunakan metode lainnya. Frekuensi yang digunakan sangat tinggi (MHz) berarti mempunyai resolusi yang tinggi juga. Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) adalah salah satu metode geofisika yang biaya operasionalnya lebih murah dibandingkan dengan metode geofisika lainnya (Syukur, 2009).

Oleh karena itu metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) ini sangat tepat digunakan pada penelitian ini karena dengan menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) dapat memetakan kedalaman dasar sungai dan memperkirakan ketebalan lapisan *bedrock* Sungai Way Seputih berdasarkan parameter kecepatan gelombang elektromagnetik yang menjalar dalam medium lapisan batuan yang dapat menyebabkan pendangkalan sungai sehingga dapat menyebabkan banjir.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi jenis lapisan bawah permukaan sungai yang berpengaruh dalam proses sedimentasi di daerah Sungai Way Seputih – Muara Cabang menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR).

2. Menentukan kedalaman dan ketebalan lapisan sedimentasi di Sungai Way Seputih – Muara Cabang menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR).

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa data georadar yang diambil pada tahun 2022 dari alat Akula 9000 C dengan frekuensi 100 MHz. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui gambaran lapisan bawah permukaan sungai Way Seputih – Muara Cabang. Selain itu, data yang digunakan adalah data curah hujan 10 tahun terakhir yang diambil pada *website* BMKG untuk mengetahui kondisi curah hujan yang terjadi di Kabupaten Lampung Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang terdapat pada penelitian ini adalah dapat mengetahui mengenai gambaran kondisi kedalaman sungai dan ketebalan lapisan bawah permukaan Sungai Way Seputih – Muara Cabang. Selain itu penelitian ini juga diharapkan dapat membantu warga setempat untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir. Sehingga warga lebih siap siaga bila sudah masuk musim penghujan, serta penelitian ini dapat dijadikan landasan lebih lanjut bagi instansi atau lembaga terkait.

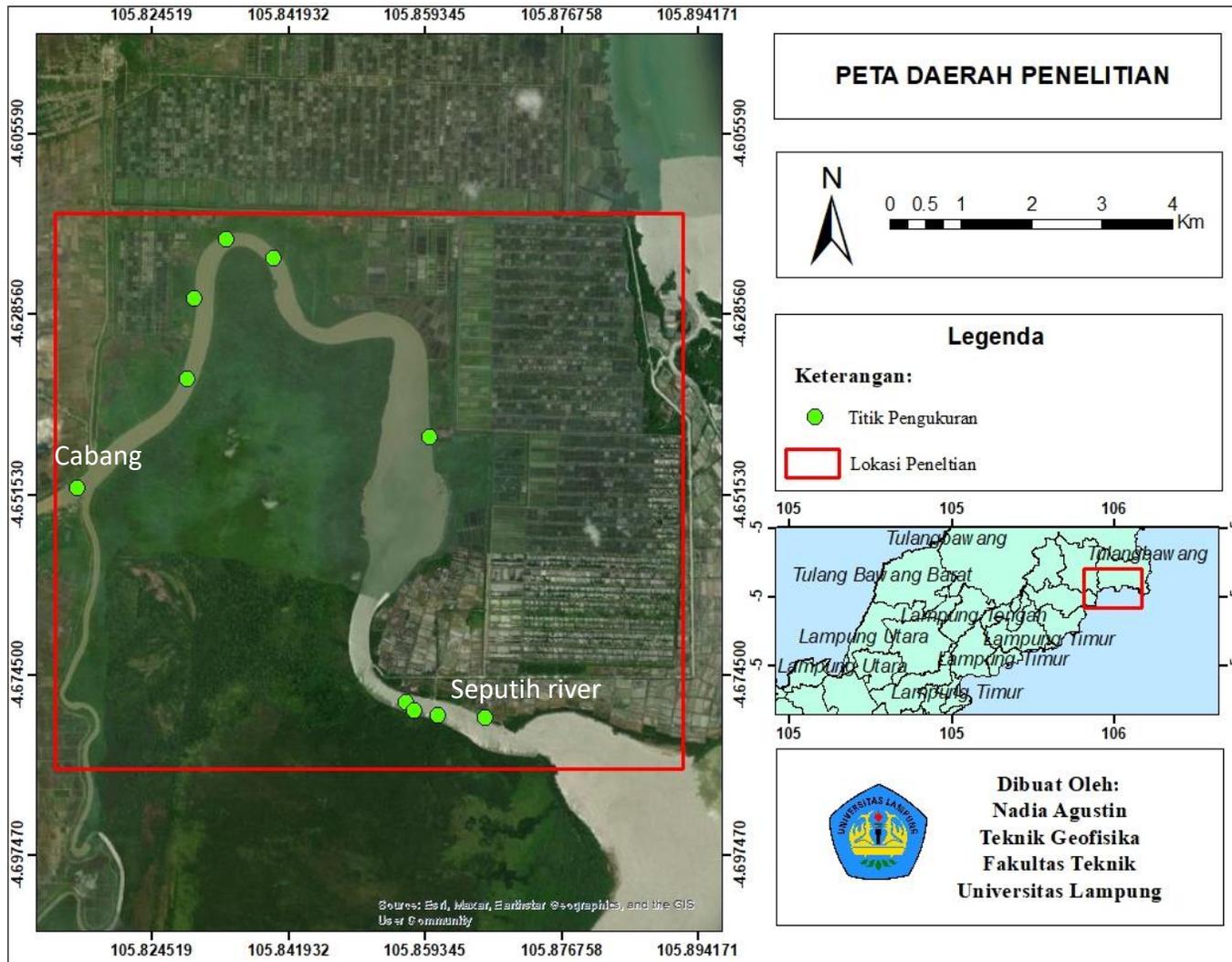
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Daerah Penelitian

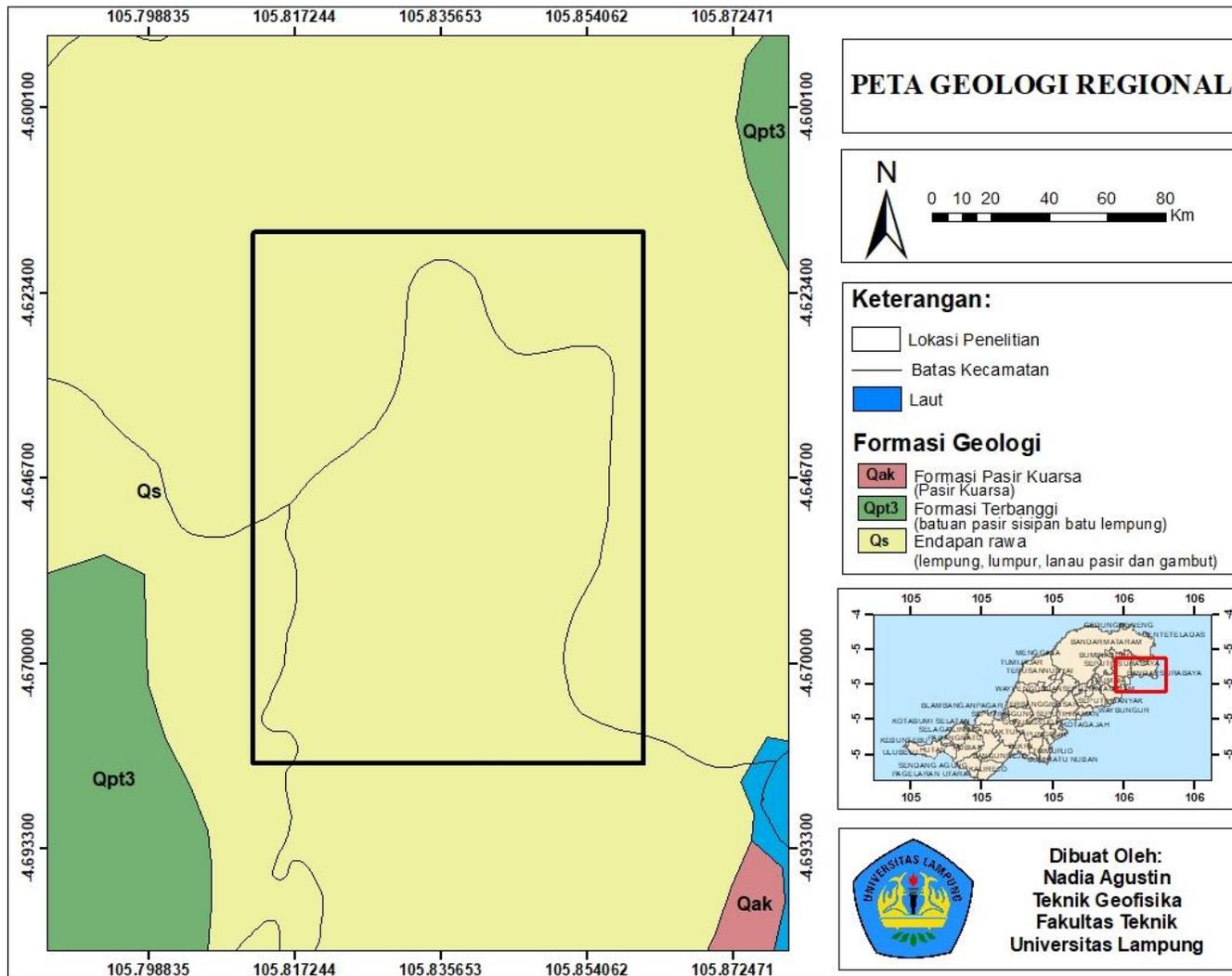
Daerah penelitian bertempat pada sungai yang berada di Sungai Way Seputih – Muara Cabang, Kabupaten Lampung Tengah. Panjang lintasan yang terdapat pada penelitian ini ± 14000 km dengan proses pengambilan data dari hulu ke hilir mengikuti aliran sungai ke muara seputih. Daerah penelitian terdapat pada Gambar 1.

2.2 Geologi Regional

Berdasarkan peta geologi Menggala, Sungai Way Seputih merupakan sungai yang terdapat di Kabupaten Lampung Tengah yang secara geologi terdapat beberapa formasi geologi. Formasi geologi yang terdapat di Sungai Way Seputih – Muara Cabang terdapat pada Gambar 2. Lokasi penelitian menurut peta geologi Menggala (Gambar 2) terletak pada Formasi Endapan Rawa (Qs). Formasi Endapan Rawa (Qs) merupakan formasi yang paling luas penyebarannya di Kabupaten Lampung Tengah. Sedangkan daerah sekitarnya terdiri dari beberapa formasi seperti pasir kuarsa (Qak), Aluvium (Qa) dan Formasi Tebanggi (Qpt).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (dimodifikasi dari Burhan dkk., 1993)

2.3 Stratigrafi

Tabel 1. Stratigrafi daerah penelitian (Burhan dkk., 1993)

Umur		Kolom Stratigrafi
Kuartar	Holosen	<p>Qs, Qak, Qa</p>
	Pleistosen	<p>Qpt, Qtk</p>
Tersier	Pliosen	<p>Qtk</p>
	Miosen	

Berdasarkan Burhan dkk., (1993) pada peta geologi regional lembar Menggala daerah penelitian dan urutan Stratigrafi pada Tabel 1, terdapat formasi dari tua ke muda antara lain sebagai berikut:

1. Formasi Endapan Rawa (Qs)

Endapan rawa (Qs) terdiri dari lempung, lumpur, lanau pasir dan gambut yang mengandung sisa tanaman. Dimana biasanya terdapat pada daerah rawa dan serta dekat aliran sungai. Kemudian manfaat dari endapan rawa ini bagi kehidupan sosial ekonomi masyarakat dimanfaatkan sebagai bahan

material bangunan. Maka sering ditemukan tambang pasir pada daerah Lampung Tengah.

2. Formasi Pasir Kuarsa (Qak)

Pasir kuarsa dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan *feldspar*. Bahan pengisi pasir kuarsa merupakan bahan galian yang mengandung kristal – kristal silika (SiO_2). Lampung tengah diperkirakan memiliki sumber daya pasir kuarsa sebanyak 750 ribu ton. Pasir kuarsa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kaca, industri semen, dan sebagai bahan baku bangunan sehingga dengan adanya pasir kuarsa di Kabupaten Lampung Tengah dapat mengembangkan industri dan meningkatkan perekonomian masyarakat setempat.

3. Formasi Terbanggi (Qpt)

Formasi terbanggi (Qpt) tersusun dari batuan pasir dengan sisipan batu lempung. Formasi merupakan formasi Kasai berumur Plistosen. Jenis batuan yang terdapat di formasi terbanggi ini yaitu jenis batuan sedimen (batu pasir). Batuan tersebut tentunya akan berdampak langsung terhadap keadaan sosial ekonomi masyarakat yaitu dengan adanya penggunaan batuan – batuan tersebut sebagai bahan dasar bangunan dan juga sebagai bahan bakar (batu bara).

2.4 Sungai

Menurut Triarmodjo (2003), sungai adalah suatu aliran yang airnya mengalir dan permukaan airnya bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (aliran alam), alirannya sangat tidak beraturan dalam ruang dan waktu. Variabel – variabel tersebut antara lain penampang saluran, kekasaran, ketinggian dasar, kelengkungan, kecepatan aliran, dan lain-lain. Sungai adalah suatu saluran, badan air alami atau buatan yang berupa jaringan *drainase* dan air yang terdapat di dalamnya, mulai dari hulu hingga muara, batas sisi kanan dan kirinya garis sejajar.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Lampung Tengah pada tahun 2014 – 2015, Sungai Way Seputih menjadi tempat mata pencaharian di 13 kecamatan, yang diantaranya didaerah Seputih Mataram, Anak Tuha, Gunung Sugih, Bumi Ratu Nuban, Seputih Raman, dan Padang Ratu. Masyarakat memanfaatkan sungai sebagai tempat mata pencaharian mereka seperti menambang pasir di bagian tepi – tepi sungai. Penambangan pasir di kanal sudah berlangsung lama. Berdasarkan Data Yayasan Konservasi Way Seputih (YKWS) pada tahun 2012 mengidentifikasi 37 lokasi penambangan mulai dari hulu hingga Sungai Way Seputih. Berikut merupakan salah satu foto penambang pasir di Sungai Way Seputih terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penambang pasir di tepi Sungai Way Seputih - Muara Cabang (Konsentris.id, 2022)

Penambangan pasir di wilayah tengah hingga ke hilir sudah dilakukan sejak lama oleh Masyarakat di wilayah DAS Way Seputih. Penambangan pasir galian memberikan pendapatan bagi sebagian warga yang bermata pencaharian sebagai penambang pasir dan mengurangi sedimen di sungai, namun

penambangan sungai ilegal ini kurang dikelola dengan baik terhadap kelestarian biota sungai, selain itu dampak operasi distribusi pasir, infrastruktur jalan juga berada dalam kondisi yang buruk (Haryani dkk., 2016).

2.5 Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Seputih

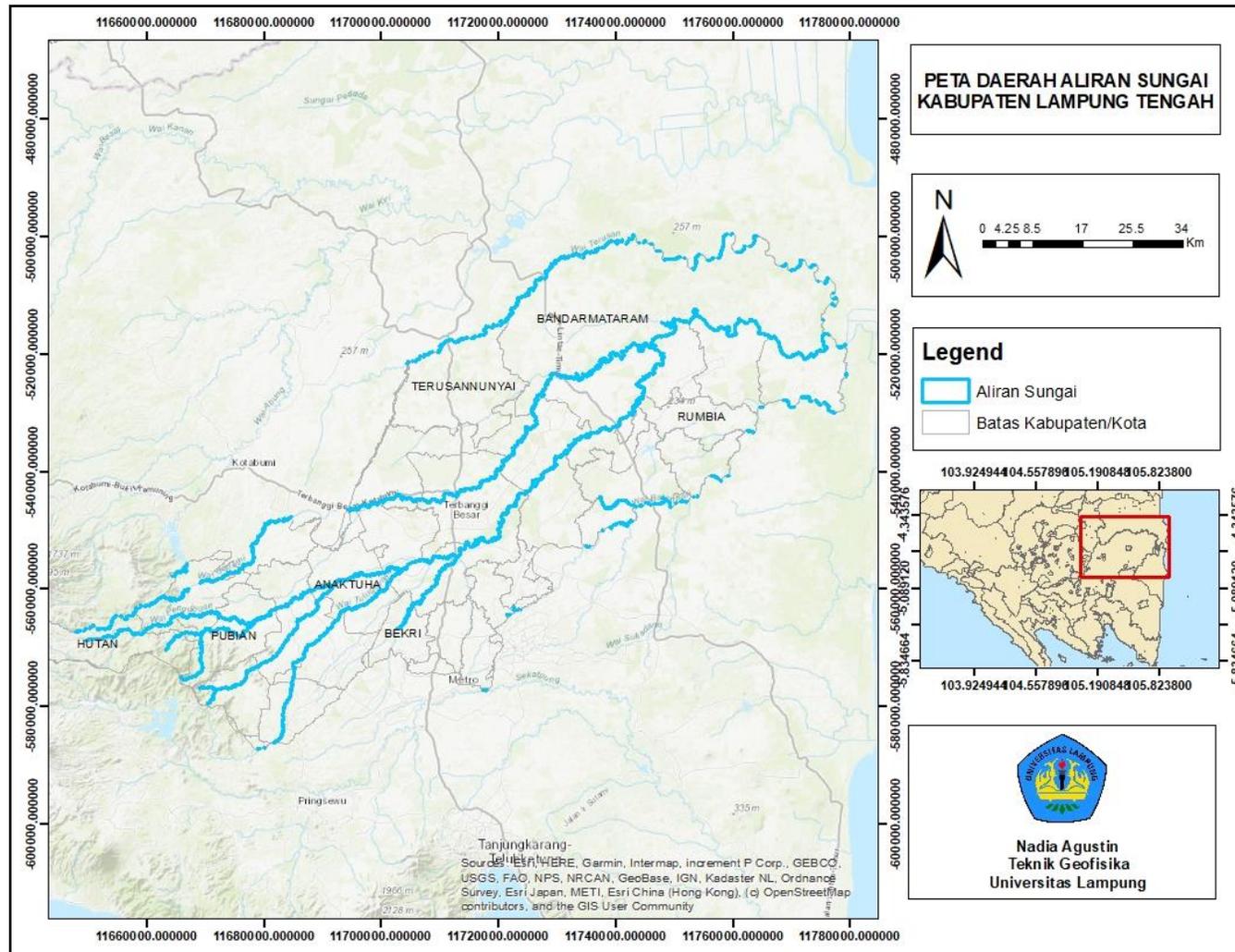
Daerah Aliran Sungai merupakan daerah yang dibatasi punggung gunung dimana air hujan yang jatuh akan ditampung dan dialirkan melalui sungai kecil menuju sungai utama (Rau, 2012). Dilihat dari segi geografis dan ekosistem, sumber daya air mempunyai banyak fungsi, antara lain fungsi kerungan, hidrologi, dan fungsi pembangunan. Aliran sungai mempunyai fungsi spasial karena mempunyai sifat unik suatu sistem yang terintegrasi, layaknya suatu organisme tunggal. DAS mempunyai fungsi hidrologi karena mempunyai siklus hidrologi yang berpengaruh pada siklus air di dalamnya.

Secara hidrologis, sungai – sungai di wilayah Lampung Tengah tergolong bagian dari Way Seputih dan Way Sekampus (WS). Kondisi hidrologi wilayah Lampung Tengah dipengaruhi oleh banyaknya sungai besar dan kecil. Salah satu sungai yang menjadi perhatian di Kabupaten Lampung Tengah adalah Sungai Way Seputih yang memiliki panjang sungai 193 km dan melewati 12 kabupaten. Wilayah Way Seputih tergolong 7 (tujuh) aliran sungai di Provinsi Lampung. Luas sungai Way Seputih adalah 749.299,201 Ha.

Selain terdapat DAS Way Seputih, Lampung Tengah juga memiliki DAS yang lainnya, dimana pada bagian selatan Kabupaten Lampung Tengah terdapat DAS Way Sekampung dan dibagian utara Kabupaten Lampung Tengah terdapat DAS Tulang Bawang. Oleh karena itu, Kabupaten Lampung Tengah dapat dibagi menjadi tiga DAS yaitu:

1. DAS Way Seputih.
2. DAS Way Sekampung.
3. DAS Way Tulang Bawang.

Terdapat kurang lebih 19 sungai dan anak-anak sungainya di wilayah Lampung tengah. Sungai-sungai ini membelah dan melintasi Kabupaten Lampung Tengah dengan panjang total 813 kilometer, lebih panjang dari keliling Kabupaten Lampung (517.077 km). Dilihat dari jumlah airnya, sebagian besar wilayah di wilayah Lampung tengah mempunyai jumlah air antara 0,5 – 7,5 km², dan wilayah yang luasnya kurang dari 0,5 km² terletak di wilayah kecil Rumbia, Putra Rumbia dan Bandar Surabaya. Berdasarkan pernyataan diatas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Kabupaten Lampung Tengah

2.6 Topografi

Berdasarkan Badan Pemerintahan Kabupaten Lampung Tengah tahun 2024, topografi Kabupaten Lampung Tengah (Gambar 5) dapat dibagi menjadi 5 (lima) bagian, yaitu:

1. Topografi berbukit – bergunung

Kawasan ini berada di ketinggian 1.600 meter dan terletak di Kecamatan Selagai Lingga serta sebagian Kecamatan Pubian dan Kecamatan Sendang Agung. Terdapat 2 gunung yaitu Gunung Anak (1.614 m) di Kawasan Selagai Lingga dan Gunung Tangkitangan (1.613 m) di Kawasan Pubian.

2. Topografi berombak – bergelombang

Wilayah ini adalah terdapat pegunungan kecil yang dikelilingi lembah sempit, dengan kemiringan 8% - 15%, ketinggian berkisar antara 300 m - 500 m di atas permukaan laut. Topografi ini dimiliki oleh banyak wilayah di Lampung Tengah..

3. Dataran aluvial

Dataran aluvial ini memiliki wilayah yang paling luas di Kabupaten Lampung Tengah. Letak daerah tersebut dari Kabupaten Lampung Tengah sampai mendekati bagian hilir sungai Way Seputih dan Sungai Way Pengubuan dengan ketinggian daerah antara 25 m – 75 mdpl dengan kemiringan 0% - 8%.

4. Daerah rawa pasang surut

Daerah ini terletak di bagian timur Lampung Tengah dengan ketinggian 0,5 mdpl. Kawasan ini terletak di Kecamatan Bandar Mataram dan Kecamatan Seputih Surabaya.

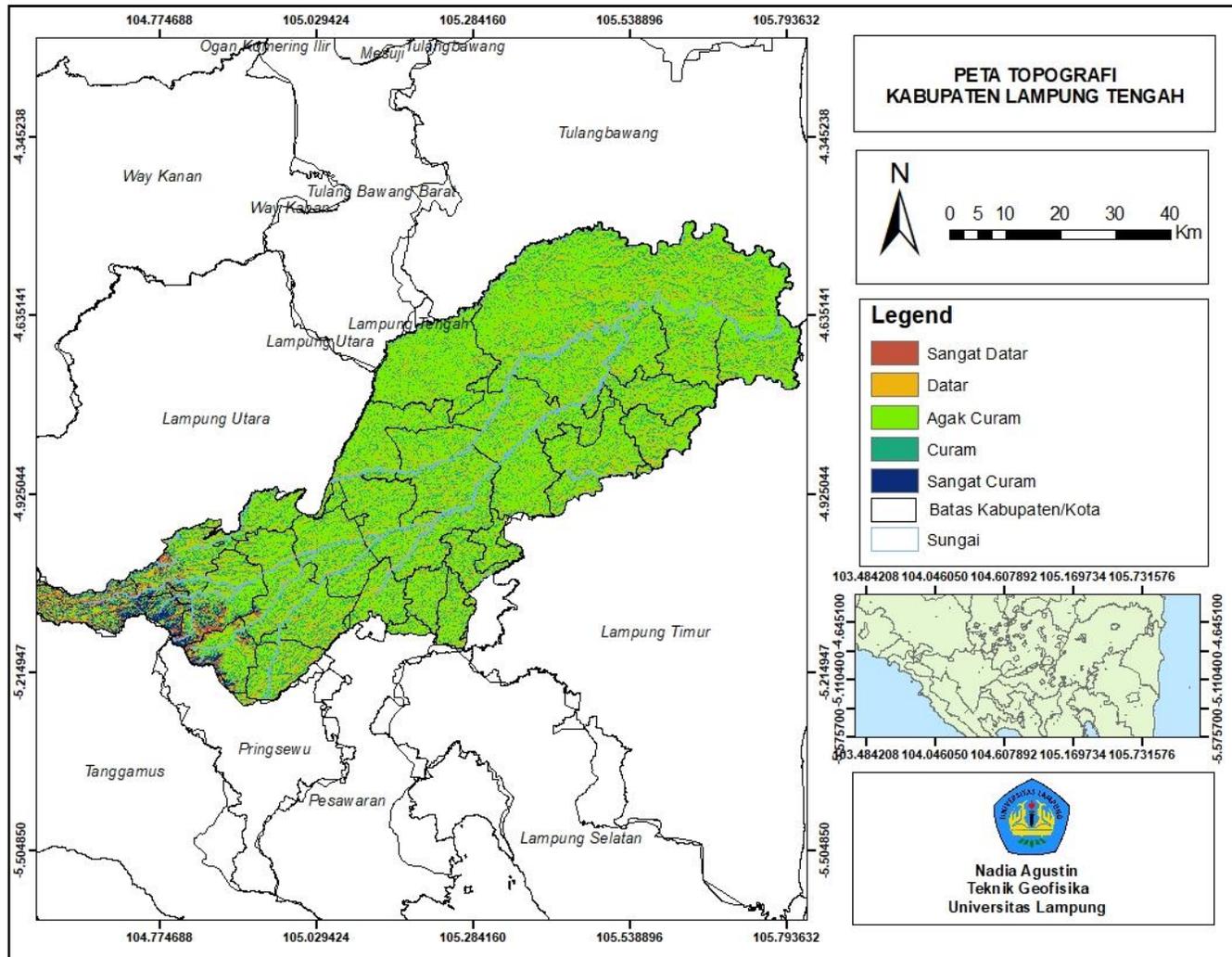
5. Daerah *river basin*

Kabupaten Lampung Tengah memiliki dua dari lima perairan di Provinsi Lampung dengan sebagian besar merupakan DAS Way Seputih dan sebagian kecil merupakan DAS Way Sekampung di Kecamatan Selagai Lingga.

Terdapat wilayah dengan lebih dari 20% pegunungan di selatan-selatan, seperti Kecamatan Selagai Lingga, Kecamatan Pubian, dan Kecamatan Sendang Agung yang juga berhutan dan berbatasan dengan Kabupaten Tanggamus.

2.7 Morfologi Sungai

Morfologi sungai merupakan ilmu yang mempelajari tentang bentuk dan ukuran (geometri), jenis, struktur dan perilaku sungai, segala komponennya serta perubahannya dalam skala spasial dan temporal. Oleh karena itu, morfologi sungai berarti keterpaduan antara kondisi abiotik (fisiologi – hidrologi, dll) dengan sifat biologis (biologi atau ekologi flora dan fauna) daerah aliran sungai. Faktor yang mempengaruhi perilaku sungai tidak hanya faktor abiotik dan biotik saja, namun juga campur tangan manusia dalam kegiatan perbaikan aliran (sosial antropogenik). Dampak dari intervensi ini dapat menyebabkan perubahan perilaku sungai yang lebih cepat dibandingkan faktor alam dan abiotik saja (Amran dan Safi'i, 2020).



Gambar 5. Peta Topografi Kabupaten Lampung Tengah

2.8 Sedimentasi

2.8.1 Pengertian Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu peristiwa pengendapan material batuan yang dibawa oleh air atau angin. Pada proses pengikisan, air membawa batuan mengalir ke sungai dan sampai akhirnya mengendap dibagian hilir sungai atau mencapai ke laut. Saat proses pengangkutan batuan diendapkan di daerah aliran sungai tersebut. Karena itulah pengendapan terjadi di sungai, danau ataupun di laut. Proses sedimentasi ini berlangsung secara perlahan dan terus menerus selama ada suplay sedimen yang terdapat dari daratan masih terus terjadi (Wiyono,2016).

Pada saat proses pengangkutan material, ukuran material yang besar dan berat akan terendapkan lebih dahulu, kemudian baru material yang lebih halus dan ringan. Bagian sungai yang paling baik dan banyak terjadi pengendapan adalah pada bagian hilir sungai atau bagian *slip of slope* (kelokan sungai), karena pada bagian ini biasanya terjadi pengurangan energi yang cukup besar. Ukuran material yang diendapkan berbanding lurus dengan besarnya energi pengangkut, sehingga semakin ke arah hilir, energi semakin kecil, material yang diendapkan pun semakin halus sedimen dapat diangkut dengan tiga cara diantaranya:

a. *Suspension*

Terjadi pada bagian sedimen – sedimen yang memiliki ukuran sangat kecil, seperti lempung. Sehingga mampu dan mudah terangkut oleh air dan angin.

b. *Bed load*

Terjadi pada sedimen yang relatif besar seperti (pasir, kerikil, kerakal, bongkah) sehingga gaya yang ada pada aliran yang bergerak dapat berfungsi memindahkan partikel-partikel yang besar di dasar. Pergerakan dari butiran pasir dimulai pada saat kekuatan gaya aliran melebihi butiran pasir tersebut pada saat diam. Gerakan – gerakan sedimen tersebut bisa

menggeling, menggeser, atau bahkan bisa mendorong sedimen yang satu dengan yang lainnya.

c. *Saltation*

Saltation artinya meloncat, umumnya terjadi pada sedimen berukuran pasir dimana aliran fluida yang ada mampu menghisap dan mengangkut sedimen pasir sampai pada akhirnya karena gaya gravitasi yang ada mampu mengembalikan sedimen pasir tersebut ke dasar (Wiyono,2016).

2.8.2 Jenis – Jenis Sedimentasi

Jenis-jenis sedimentasi diantaranya adalah:

a. *Lithaogeneous* Sedimen

Sedimen yang berasal dari erosi pantai dan material hasil erosi daerah *up land*. Material ini dapat sampai kedasar laut melalui proses mekanik, yaitu mengalir oleh arus sungai dan arus laut akan terendapkan jika energi yang tertransforakan telah melemah.

b. *Biogeneuos* Sedimen

Sedimen yang bersumber dari sisa-sisa organisme yang hidup seperti cangkang dan rangka biota laut serta bahan-bahan organik yang mengalami dekomposisi.

c. *Hidreogenous* Sedimen

Sedimen yang terbentuk karena adanya reaksi kimia di dalam air laut dan membentuk partikel yang tidak larut dalam air laut sehingga akan tenggelam ke dasar laut.

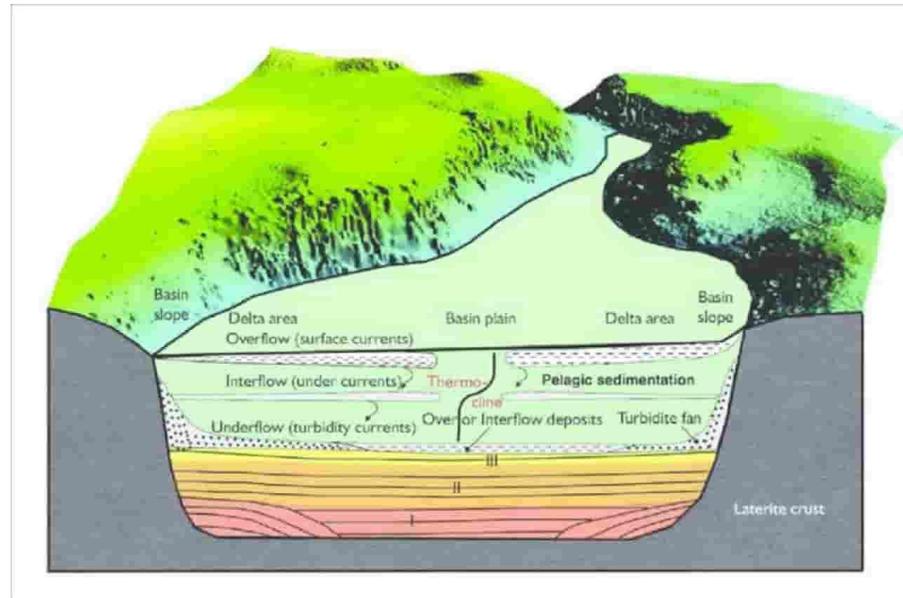
d. *Cosmogerosus* Sedimen

Sedimen yang berasal dari berbagai sumber dan masuk ke laut melalui jalur media udara atau angin. Sedimen jenis ini dapat bersumber dari luar angkasa, aktifitas gunung api atau berbagai partikel darat yang terbawa angin.

2.8.3 Bentuk – Bentuk Sedimentasi Berdasarkan Tempat Terjadinya

a. Sedimentasi Sungai

Pengendapan yang terjadi di sungai disebut sedimen fluvial. Hasil pengendapan ini biasanya berupa batu giling, batu geser, pasir, kerikil, dan lumpur yang menutupi dasar sungai. Proses sedimentasi sungai terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses sedimentasi sungai (Syukur, 2009).

b. Sedimentasi Danau

Hasil endapan danau ini biasanya dalam bentuk delta, lapisan batu kerikil, pasir, dan lumpur. Proses pengendapan di danau ini disebut sedimen limnis.

c. Sedimentasi Darat

Gumuk pasir di pantai berasal dari pasir yang terangkat ke udara pada waktu ombak memecah di pantai landai, lalu ditiup angin laut ke arah darat, sehingga membentuk timbunan pasir yang tinggi.

d. Sedimentasi Laut

Sungai yang mengalir dengan membawa berbagai jenis batuan akhirnya bermuara di laut, sehingga di laut terjadi proses

pengendapan batuan yang paling besar. Hasil pengendapan di laut ini disebut sedimen *marine*.

2.9 Banjir

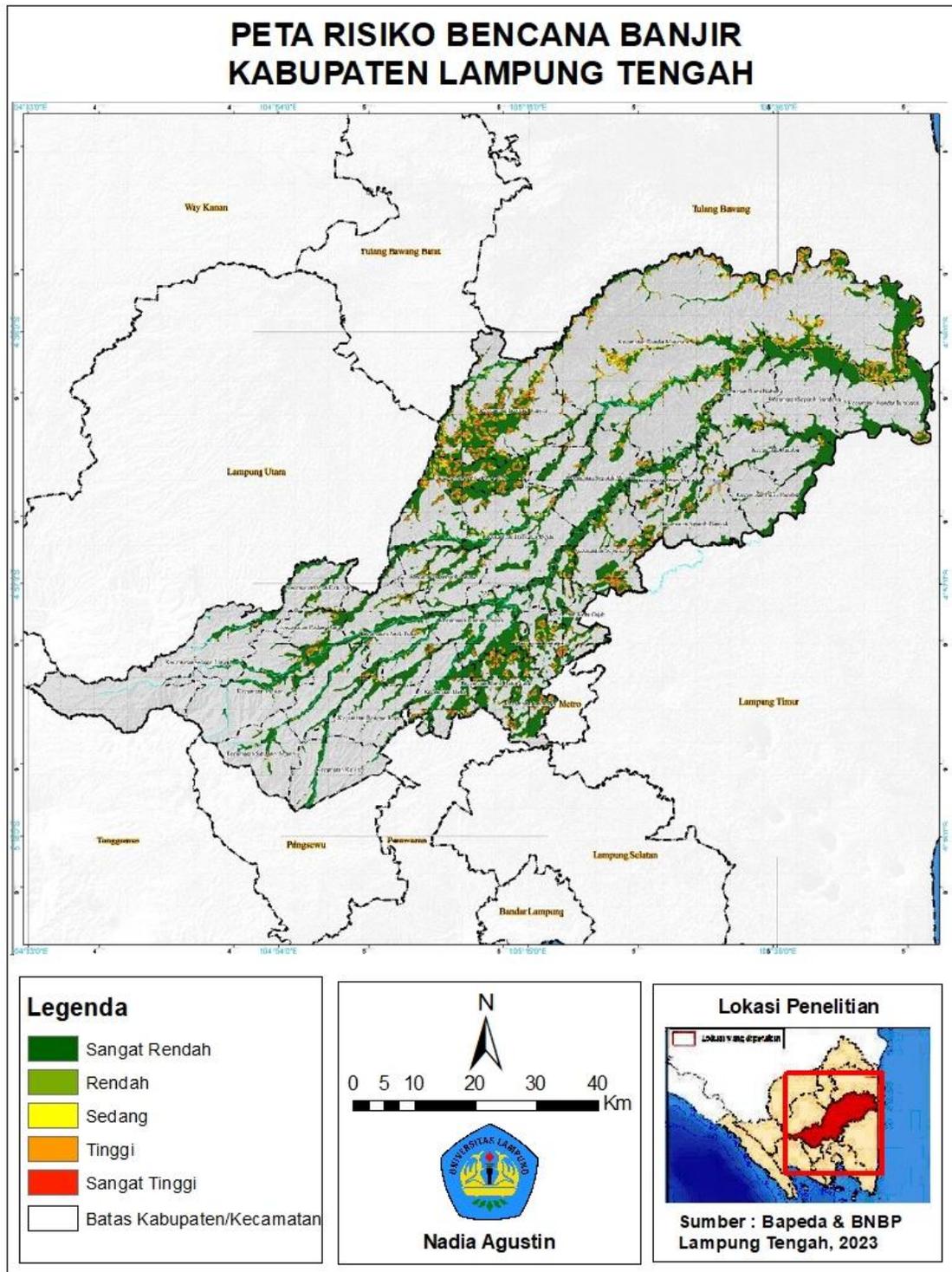
Banjir adalah salah satu bencana alam yang terjadi akibat adanya air sungai yang mengalir melampaui daya tampung sungai, sehingga aliran air sungai tersebut melewati tebing sungai dan menggenangi daerah di sekitarnya. Berdasarkan laporan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Lampung Tengah Tahun 2024 bahwa bencana yang terjadi di Kabupaten Lampung Tengah merupakan bencana yang diakibatkan oleh perubahan musim. Bencana terbanyak merupakan bencana banjir yang diakibatkan oleh meluapnya sungai dan angin puting beliung. Berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Penanggulangan Bencana Kabupaten Lampung Tengah tidak kurang dari 20 kecamatan yang terkena bencana banjir. Kecamatan Seputih Surabaya dan Bandar Surabaya merupakan wilayah yang paling sering terjadi bencana banjir dengan total wilayah yang terkena banjir seluas 2.611 Ha lahan pertanian dari 1.550 KK. Selain Kecamatan Seputih Surabaya, kecamatan lain yang juga mengalami bencana banjir meliputi Kecamatan Padang Ratu, Anak Tuha, Pubian, Kalirejo, Bangun Rejo, Gunung Sugih, Bumi Ratu Nuban, Bekri, Tri Murjo, Seputih Raman, Terbanggi Besar, Terusan Nunyai, Seputih Mataram, Seputih Banyak, Rumbia, Bumi Nabung, Seputih Surabaya, dan Putra Rumbia. Kejadian bencana banjir tersebut terjadi disebagian besar wilayah Kabupaten Lampung Tengah pada umumnya menggenangi lahan pertanian.

Sebagian besar wilayah bagian timur dan utara Kabupaten Lampung Tengah merupakan daratan rendah yang mempunyai ketinggian berkisar antara 0 – 50 meter di atas permukaan laut (dpl), sedangkan pada wilayah bagian barat merupakan pegunungan dengan Kecamatan Pubian (Kampung Kota Batu) dengan ketinggian berkisar 1.000 meter di atas permukaan laut (dpl) dan titik terendah berada di Kecamatan Bandar Surabaya (Kampung Cabang/Sadewa) yang ketinggiannya hanya 7 meter di atas permukaan laut. Pada Gambar 8

menunjukkan Peta Risiko Bencana Banjir di Kabupaten Lampung Tengah, dimana banjir ini terjadi karena terlampauinya kapasitas tampung maksimum sungai, kondisi tersebut terjadi karena faktor hujan, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), morfologi sungai, dan sedimentasi di sepanjang sungai terus meningkat sehingga mengurangi daya tampung sungai (BAPPEDA, 2024).



Gambar 7. Banjir di Kabupaten Lampung Tengah (Republika co.id, 2018)

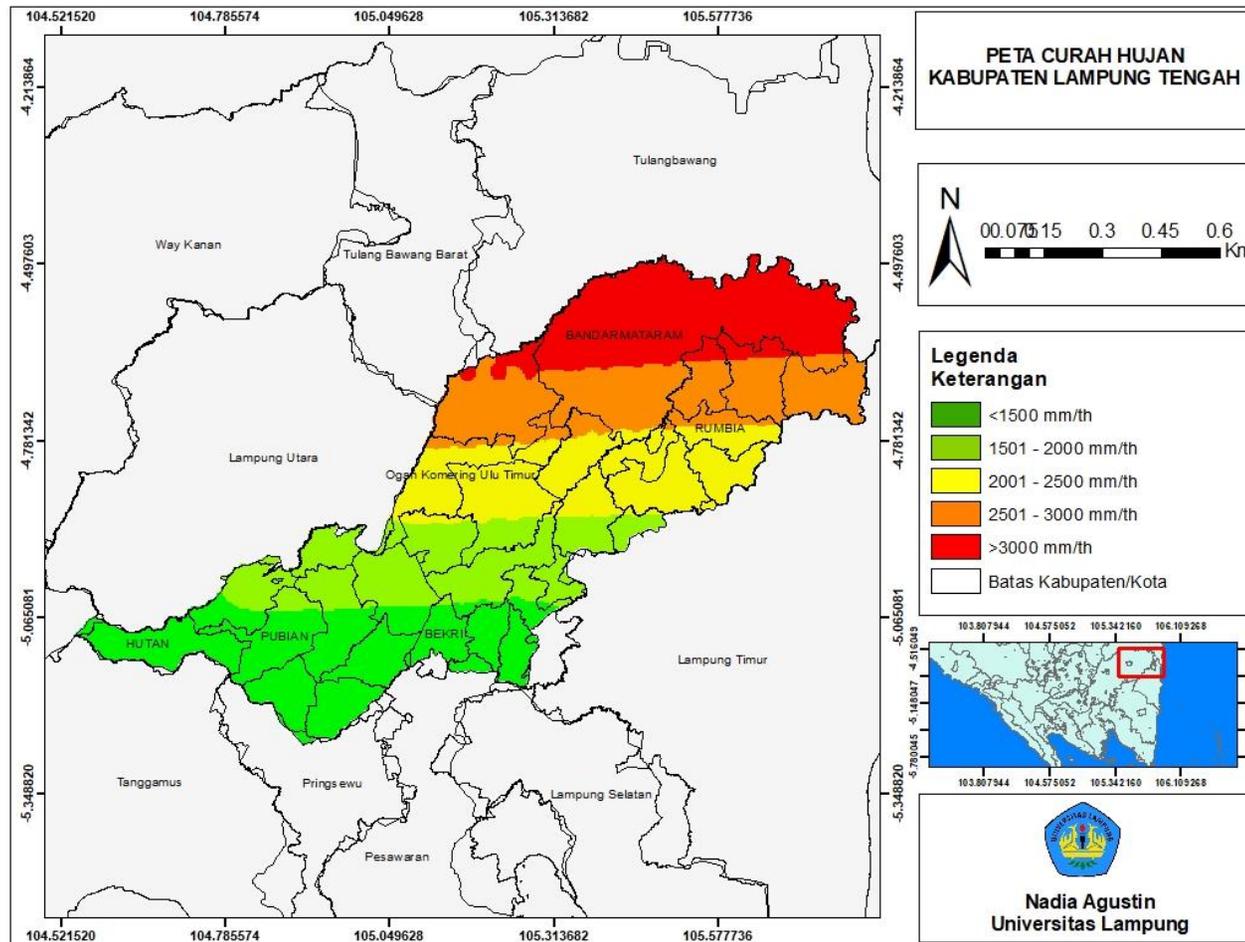


Gambar 8. Peta risiko bencana banjir Kabupaten Lampung Tengah (dimodifikasi dari BAPEDDA, 2024).

Tingginya curah hujan selama tahun 2014 – 2023 yang di akibat perubahan iklim menyebabkan Kabupaten Lampung Tengah terjadi bencana banjir di beberapa wilayahnya. Wilayah dengan jumlah curah hujan tertinggi berada di bagian utara sekitar Kecamatan Bandar Mataram dan Terusan Nunyai dengan curah hujan diatas rata-rata curah hujan tahunan, yaitu antara 180 – 260 mm/tahun. Curah hujan rendah atau dibawah rata rata berada di sekitar Kecamatan Bekri, Padang Ratu, Bangunrejo, Kalirejo, dan Anak Tuha yang merupakan kawasan sentra perkebunan sawit di Kabupaten Lampung Tengah. Kawasan terbagus yaitu (Terbanggi, Bandar Jaya, Gunung Sugih) yang saat ini menjadi pusat pertumbuhan ekonomi juga memiliki jumlah hujan dibawah rata-rata, yaitu sekitar 80 – 100 mm. Penjelasan diatas dapat dilihat pada Gambar 9 pada Peta Curah Hujan Kabupaten Lampung Tengah dari data *Chirps* dan data BMKG 10 tahun terakhir dari Tahun 2014 – 2023 yang diolah menggunakan *Software ArcGIS* 10.8. Pada peta tersebut terdapat 5 klasifikasi menurut Primayuda dan Aris (2006) berikut ini:

Tabel 2. Klasifikasi curah hujan

No	Kelas	Skor
1	>3000 mm (Sangat Basah)	9
2	2501 mm – 3000 mm (Basah)	7
3	2001 mm – 2500 mm (Sedang/Lembab)	5
4	1501 mm – 2000 mm (Kering)	3
5	<1500 mm (Sangat Kering)	1



Gambar 9. Peta curah hujan Kabupaten Lampung Tengah

2.10 Penelitian terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu dengan menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk mengetahui kedalaman dasar Sungai dan ketebalan sedimen seperti yang dilakukan oleh Rasimeng, dkk., pada tahun 2019 yang berjudul “*Identification of eroded sediment layer thickness and depth of Mahakam River at Tenggarong Bridge Area, Kutai Kartanegara East Kalimantan using Ground Penetrating Radar Method*”, penelitian ini membahas tentang metode GPR untuk mengetahui kedalaman dasar Sungai Mahakam dan menentukan ketebalan sedimen yang terkikis di sekitar Jembatan Tenggarong. Penelitian ini dilakukan secara *crossing* bawah Jembatan Tenggarong (barat daya ke timur laut) dengan panjang lintasan 377 m (segment 1 – Line 04), 457 meter (Line 3) dan 533 meter (segment 2, Line 04) dengan titik awal terletak di pinggir Sungai Mahakam (Selatan) di sebelah Barat Pulau Kumala dan di kawasan ini terdapat satu jalur yaitu ke arah timur laut hingga barat daya sepanjang sisi selatan Sungai Mahakam (Line 02) dengan panjang jalur 780 meter. Penampang garis dari jalur 02 dan Jalur 03 menunjukkan rata-rata ketebalan lapisan sedimen erosi lebih dari 15 meter dan variasi kedalaman sungai 10 hingga 40 meter. Kedalaman dangkal berada di bawah Jembatan Tenggarong (10m). Selain itu, pada Jalur 04 menunjukkan kedalaman Sungai Mahakam yang terdalam adalah 35 meter, terletak di tengah-tengah Jalur 04 atau pusat aliran sungai Mahakam.

Penelitian yang dilakukan oleh Firdaus, dkk., pada tahun 2021 dengan judul “*River sedimentation modeling using ground-penetrating radar*”. Penelitian ini membahas tentang pendangkalan sungai yang menyebabkan terjadinya banjir yang disebabkan oleh tingginya laju sedimentasi atau pembuangan limbah yang tidak terkendali. Pada penelitian ini menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR), karena metode ini dapat memantau proses sedimentasi sungai tanpa merusak sungai itu sendiri. Berdasarkan hasil pada penelitian ini didapatkan 3 model sungai sedimentasi dimana sungai model 1 yaitu *freshwater*

dengan kedalaman 5 m, model 2 yaitu *sandstone* dengan kedalaman 4 m, dan model 3 didapatkan *claystone* dengan kedalaman 1m. Reflektor radargram untuk setiap model menunjukkan waktu tempuh dua arah 300-350, 150-200, dan 60-90 ns dalam urutannya masing-masing. Model GPR dapat membedakan antara sedimen jenuh dan air tawar, hal ini menunjukkan hasil yang baik dalam menyelidiki sedimen di sungai.

Penelitian Syukur, A. tahun 2009 yaitu “Pemetaan Batuan Dasar Sungai dengan Menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar*”. Penelitian ini telah diaplikasikan untuk memetakan batuan dasar sungai di Kalimantan dengan data yang digunakan yaitu 4 lintasan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil interpretasi kedalaman air, lapisan alluvial, dan *bedrock* yang bervariasi pada masing – masing lintasan. Kedalaman rata – rata *bedrock* adalah 8 m dengan variasi kedalaman 5 m sampai 15,5 m.

Penelitian Putranto dan Iskandarsyah pada tahun 2021 yaitu “Identifikasi Morfologi Sungai Masa Lampau dan Kaitannya dengan Banjir Masa Lampau Menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) di Daerah Aliran Sungai Citarum, Bandung, Jawa Barat”. Penelitian ini menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk mengetahui kedalaman Sungai Masa Lampau dan mengetahui morfologi bawah permukaan sungai tersebut. Dari hasil penelitian dengan metode GPR didapati citra bawah permukaan berupa bentukan badan sungai pada kedalaman 7 meter hingga 22 meter yang mengindikasikan morfologi badan sungai masa lampau. Jejak banjir masa lampau terindikasi dari perpindahan *meandering* sungai secara masif dan tiba-tiba, seperti tercitra pada penampang GPR Line-2. Perpindahan *meandering* sungai Citarum sebesar 24 meter dan perpindahan kedua sebesar 16 meter dari lokasi jejak badan sungai sebelumnya.

Tabel 3. Daftar penelitian terdahulu

No	Nama	Judul	Ringkasan
1	Rasimeng, dkk., (2019)	<i>Identification of eroded sediment layer thickness and depth of Mahakam River at Tenggarong Bridge Area, Kutai Kartanegara East Kalimantan using Ground Penetrating Radar Method</i>	Penelitian ini membahas tentang metode GPR untuk mengetahui kedalaman dasar Sungai Mahakam dan menentukan ketebalan sedimen yang terkikis di sekitar Jembatan Tenggarong. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil Penampang garis dari jalur 02 dan Jalur 03 menunjukkan rata-rata ketebalan lapisan sedimen erosi lebih dari 15 meter dan variasi kedalaman sungai 10 hingga 40 meter. Kedalaman dangkal berada di bawah Jembatan Tenggarong (10m). Selain itu, pada Jalur 04 menunjukkan kedalaman Sungai Mahakam yang terdalam adalah 35 meter, terletak di tengah-tengah Jalur 04 atau pusat aliran sungai Mahakam.
2	Firdaus, M.A. dkk., (2021)	<i>River sedimentation modeling using ground-penetrating radar</i>	Penelitian ini membahas tentang pendangkalan sungai yang menyebabkan terjadinya banjir yang disebabkan oleh tingginya laju sedimentasi atau pembuangan limbah yang tidak terkendali. Berdasarkan hasil pada penelitian

Menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) di Daerah Aliran Sungai Citarum, Bandung, Jawa Barat

hasil penelitian dengan metode GPR didapati citra bawah permukaan berupa bentukan badan sungai pada kedalaman 7 meter hingga 22 meter yang mengindikasikan morfologi badan sungai masa lampau. Jejak banjir masa lampau terindikasi dari perpindahan *meandering* sungai secara masif dan tiba-tiba, seperti tercitra pada penampang GPR Line-2. Perpindahan *meandering* sungai Citarum sebesar 24 meter dan perpindahan kedua sebesar 16 meter dari lokasi jejak badan sungai sebelumnya.

			ini didapatkan 3 model sungai sedimentasi dimana sungai model 1 yaitu <i>freshwater</i> dengan kedalaman 5 m, model 2 yaitu <i>sandstone</i> dengan kedalaman 4 m, dan model 3 didapatkan <i>claystone</i> dengan kedalaman 1m. Reflektor radargram untuk setiap model menunjukkan waktu tempuh dua arah 300-350, 150-200, dan 60-90 ns dalam urutannya masing-masing.
3	Syukur, A. (2009)	Pemetaan Batuan Dasar Sungai dengan Menggunakan Metode <i>Ground Penetrating Radar</i>	Penelitian ini telah diaplikasikan untuk memetakan batuan dasar sungai di Kalimantan dengan data yang digunakan yaitu 4 lintasan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil inetrpretasi kedalaman air, lapisan alluvial, dan <i>bedrock</i> yang bervariasi pada masing – masing lintasan. Kedalaman rata – rata <i>bedrock</i> adalah 8 m dengan variasi kedalaman 5 m sampai 15,5 m.
4	Putranto dan Iskandarsyah (2021)	Identifikasi Morfologi Sungai Masa Lampau dan Kaitannya dengan Banjir Masa Lampau	Penelitian ini menggunakan Metode <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR) untuk mengetahui kedalaman Sungai Masa Lampau dan mengetahui morfologi bawah permukaan sungai tersebut. Dari

III. TEORI DASAR

3.1 *Ground Penetrating Radar (GPR)*

Ground Penetrating Radar merupakan salah satu metode geofisika yang menggunakan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik akan dipancarkan ke dalam bumi dan direkam oleh antena pada saat gelombang telah mencapai permukaan. Gelombang elektromagnetik diteruskan, dipantulkan dan dihamburkan oleh struktur permukaan dan anomali jika terdapat di bawah permukaan. Metode ini dapat menghasilkan gambaran bawah permukaan dengan resolusi yang tinggi, karena gelombang yang dipancarkan oleh GPR memiliki frekuensi sekitar 10 – 1000 Mhz. 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 antena. Pemancaran dan pengembalian gelombang elektromagnetik berlangsung cepat sekali yaitu dalam satuan waktu *nanosecond* (Allen, 1979).

Penetrasi yang dihasilkan metode ini relatif dangkal tetapi dapat menghasilkan resolusi yang tinggi terhadap kontras dielektrik material. Konsep metode GPR hampir sama dengan metode seismik refleksi, yang didasarkan pada perambatan gelombang untuk memberikan citra bawah permukaan (Budiono dkk., 2010). Material dengan konduktivitas rendah seperti *unsaturated sediment* dan sedimen berbutir kasar, menyebabkan atenuasi yang kecil, kecepatan dan

panjang gelombangnya akan lebih besar pada material dengan konduktivitas rendah, namun diikuti dengan pengurangan resolusi (Davis dan Annan, 1989).

GPR dapat mencapai kedalaman 30 meter pada konduktivitas rendah seperti pasir ataupun granit. Kedalaman GPR ini dibatasi oleh kelistrikan dan konduktivitas dibawah permukaan bumi, bila meningkatnya konduktivitas bawah permukaan maka penetrasi kedalaman akan menurun dikarenakan energi dari elektromagnetik teratenuasi (Venkateswarlu dan Tewari, 2014). Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Rasimeng dkk., (2019), metode GPR dimanfaatkan untuk identifikasi ketebalan dan kedalaman Sungai Mahakam. Penelitian ini dapat memperlihatkan dengan jelas kontras lapisan antara lapisan air dan lapisan sedimen, sehingga dapat diketahui kedalaman lapisan sedimen pada lokasi tersebut.

3.2 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan perambatan getaran medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus terhadap arah rambatnya. Pada prinsipnya pemanfaatan gelombang elektromagnetik digunakan untuk mengukur respon tanah terhadap perambatan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari adanya arus bolak-balik dan medan magnetik. Medan magnet primer dihasilkan oleh arus bolak-balik yang melewati sebuah kumparan yang terdiri dari lilitan kawat. Respons bawah permukaan berupa medan magnet sekunder dan resultan medan terdeteksi sebagai arus bolak-balik yang menginduksi arus listrik pada koil penerima (*receiver*) sebagai akibat adanya induksi medan magnetik (Kearey dkk., 2002).

Persamaan Maxwell merupakan prinsip dasar dari metode elektromagnetik. Persamaan Maxwell ini menjelaskan bahwa adanya perubahan medan magnet dapat menimbulkan medan listrik, juga berlaku sebaliknya yakni dengan adanya perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet magnet.

Pada Gambar 10 menggambarkan bagaimana penjalaran gelombang elektromagnetik. Pada Griffith, (1999) persamaan Maxwell untuk medium homogen isotropik sebagai berikut:

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \quad (3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (4)$$

Keterangan:

\vec{H} : kuat medan magnet (A/m)

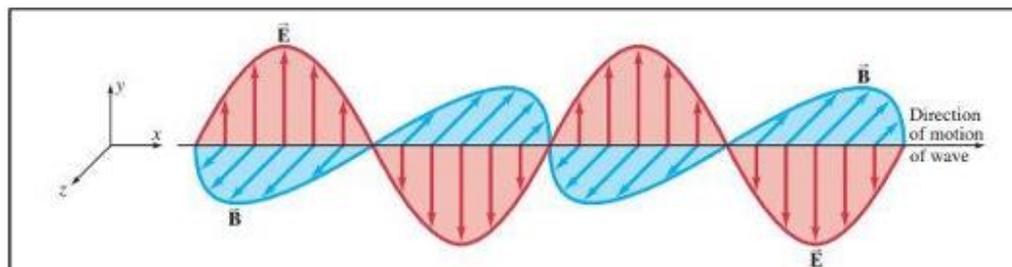
\vec{J} : rapat arus (A/m²)

\vec{D} : perpindahan elektrik (C/m²)

\vec{E} : kuat medan listrik (V/m)

\vec{B} : induksi magnetik (Weber/m² atau T)

ρ : rapat muatan (C/m²)



Gambar 10. Penjalaran gelombang elektromagnetik

Selain itu variabel yang perlu diperhatikan dalam perambatan gelombang elektromagnetik ialah permitivitas listrik (ϵ), permeabilitas magnetik (μ), dan konduktivitas (σ). Hubungan permitivitas listrik dan kemagnetan permeabilitas terhadap apa yang disebut konstanta dielektrik dan indeks pembiasan

didefinisikan dalam persamaan dibawah ini. Dengan laju cahaya dirumuskan sebagai berikut (Griffith, 1999).

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \approx 3.00 \times 10^8 \quad (5)$$

Dalam medium linier dan homogen, maka kecepatan gelombang elektromagnetik dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

Untuk persamaan konstanta dielektrik adalah sebagai berikut:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (7)$$

Keterangan:

c : laju cahaya ($3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$)

v : kecepatan gelombang elektromagnetik (m/s)

ϵ_0 : permitivitas dalam ruang hampa ($8.885 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)

ϵ : permitivitas material (F/m)

μ_0 : permeabilitas magnetik ($44\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$)

ϵ_r : kontanta dielektrik

Variasi dari komposisi dan kandungan material dibawah permukaan mempengaruhi sifat dari material-material penyusun bumi. Hal ini akan berdampak pada cepat rambat dan juga atenuasi gelombang elektromagnetik yang merambat pada bawah permukaan bumi. Perbandingan energi yang dipantulkan dan energi yang datang disebut sebagai koefisien refleksi (R) (Kearey dkk., 2002). Persamaan untuk koefisien refleksi adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{(v_2 - v_1)}{(v_1 + v_2)} = \frac{(\sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}})}{(\sqrt{\epsilon_{r2}} + \sqrt{\epsilon_{r1}})} \quad (8)$$

Dimana v_1 dan v_2 merupakan kecepatan gelombang yang merambat pada medium 1 dan 2. Dan ϵ_1 dan ϵ_2 merupakan konstanta dielektrik pada medium 1 dan 2 yang merupakan kapasitas dari suatu material dalam melewati muatan saat medan elektromagnetik melaluinya. Persamaan diatas dapat diaplikasikan dengan asumsi keadaan normal pada bidang datar dan tidak ada sinyal yang hilang sehubungan dengan amplitudo sinyal. Pada Tabel 3 terdapat beberapa nilai konstanta dielektrik relatif dan kecepatan gelombang elektromagnetik untuk berbagai material.

Tabel 4. Tabel konstanta dielektrik relatif dan kecepatan gelombang elektromagnetik untuk berbagai materi geologi dan buatan (Reynolds, 2011).

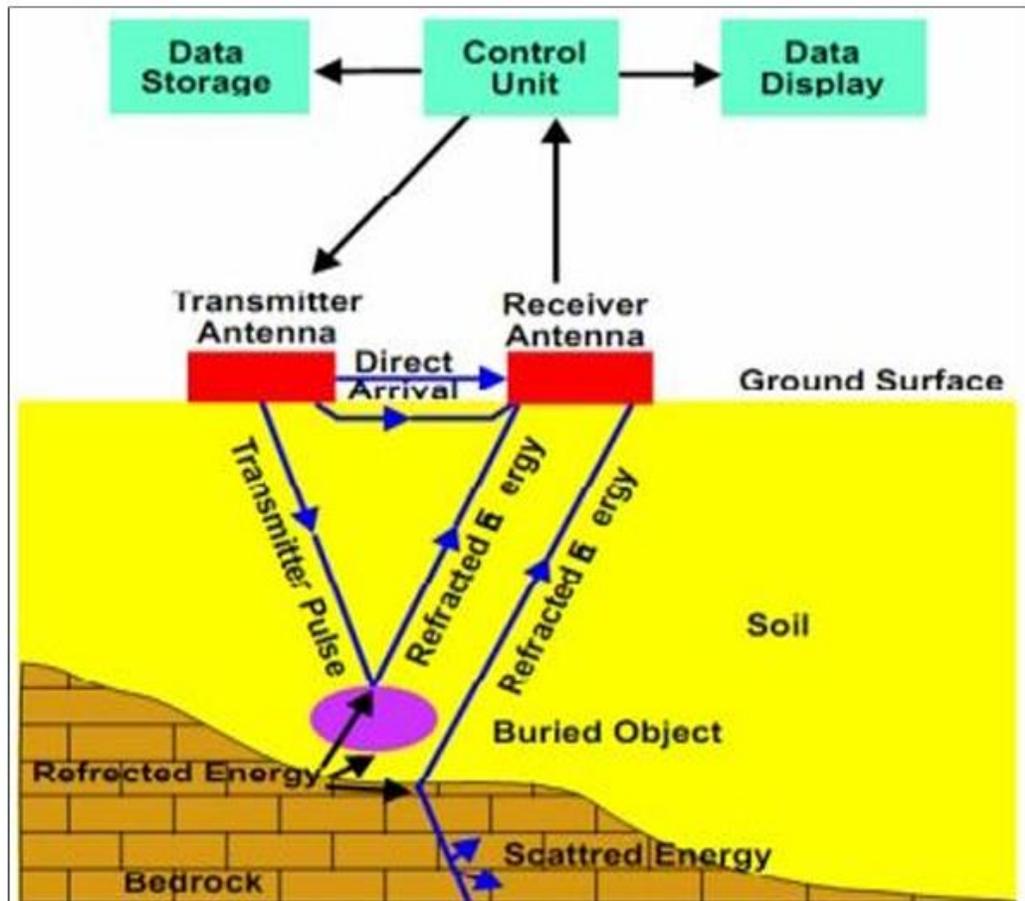
<i>Material</i>	ϵ_1	$V(mm/ns)$	<i>Conductivity (mS/m)</i>
<i>Air</i>	1	300	0
<i>Water (fresh)</i>	81	33	0.5
<i>Water (sea)</i>	81-88	33	3000
<i>Polar snow</i>	1.4-3	194-252	~0.5
<i>Polar ice</i>	3-3.15	168-172	$\leq 0.06-0.08$
<i>Template ice</i>	3.2	167	5×10^{-8}
<i>Pure ice</i>	3.2	167	5×10^{-8}
<i>Freshwater lake ica</i>	4	150	$1-10^{-6}$
<i>Sea ice</i>	2.5-8	78-157	10-100
<i>Permafrost</i>	2-8	106-212	0.1-10
<i>Active layer permafost</i>	25	60	
<i>Gravel</i>	5	134	10
<i>Sand and gravel (unsaturated)</i>	3.5-6.5	118-160	0.007-0.06
<i>Sand and gravel (saturated)</i>	15.5-17.5	72-76	0.7-9
<i>Coastal sand (dry)</i>	5-10	95-134	0.01-10
<i>Sand (dry)</i>	3-6	122-173	$10^{-4}-1$
<i>Sand (wet)</i>	25-30	53-95	0.01-1
<i>Sand (golf course)</i>	10-25	60-95	0.1-10
<i>Silt (unsaturated)</i>	2.5-5	134-190	10
<i>Silt (saturated)</i>	22-30	55-64	1-100
<i>Clay (dry)</i>	2-5	134-212	≤ 100
<i>Clay (wet)</i>	8-40	47-106	2-100
<i>Till (unsaturated)</i>	7-21	65-113	2.5-10

<i>Material</i>	ϵ_1	<i>V(mm/ns)</i>	<i>Conductivity (mS/m)</i>
<i>Till (saturated)</i>	24-34	51-61	2-5
<i>Moraine</i>	7-14	80-113	10^{-5} - 10^{-7}
<i>Marsh</i>	12	86	
<i>Peat (freshwater)</i>	57-80	33-40	≤ 40
<i>Agricultural land</i>	15	77	
<i>Pastoral land</i>	13	83	
<i>Soil (fine-grained)</i>	41-49	43-47	40
<i>Average 'soil'</i>	16	75	5
<i>Granite</i>	5-8	106-120	10^{-3} - 10^{-5}
<i>Limestone (dry)</i>	4-8	100-113	10-100
<i>Limestone (wet)</i>	6-15	77-122	
<i>Dolomit</i>	6.8-8	106-115	
<i>Basalt (wet)</i>	8	106	
<i>Norite</i>	7.4	110	
<i>Anorthosite</i>	7.2-8	106-112	
<i>Feldspathic pyroxenite</i>	7.6-8.6	102-109	
<i>Chromitite</i>	11.7-12.2	86-90	
<i>Pegmatite feldpathic</i>	8.3	104	
<i>melanorite</i>	8.2	105	
<i>Shale (wet)</i>	6-9	100-122	10-100
<i>Sandstone (dry)</i>	4-7	113-150	10^{-3} - 10^{-7}
<i>Sandstone (wet)</i>	6	122	10^{-2} - 10^{-3}
<i>Coal</i>	4-5	134-150	
<i>Quartz</i>	4.3	145	1-100
<i>Concrete</i>	4-30	55-150	1-100
<i>Asphalt</i>	3-5	134-173	
<i>PVC, Epoxy, Polyesters</i>	3	173	

3.3 Prinsip Kerja *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Menurut Rasimeng, dkk., (2019) untuk instrumen *Ground Penetrating Radar* (GPR) terdiri sebuah pembangkit sinyal, yakni transduser yang mengubah arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan antenna memancarkan gelombang elektromagnetik untuk merambat ke bawah permukaan. Antena pemancar (*transmitter*) sebagai pemancar sinyal elektromagnetik dan antenna penerima (*receiver*) sebagai pendeteksi gelombang elektromagnetik yang terpantulkan. Ketika gelombang radar menghadapi perbedaan drastis dalam sifat material yang dilaluinya, sebagian dari gelombang akan dipantulkan dan akan berupa impuls sekunder. Impuls kemudian ditangkap oleh antenna

penerima dan kemudian direkam sebagai data observasi, dan jika data tersebut diinterpretasikan dengan benar, maka data akan menunjukkan struktur bawah permukaan dari objek/materi yang diamati. Ketika data diambil menerus dalam skala horizontal pada radar-gram ditentukan oleh kecepatan pergerakan antena. Mekanisme kerja GPR dan contoh rekaman radargram ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Skema pengambilan data GPR (Reynold, 2011)

Fungsi dari komponen – komponen tersebut adalah:

1. Kontrol Unit

Kontrol unit berfungsi untuk membangkitkan sinyal pemicu secara serempak ke *transmitter* dan *receiver*. Pulsa-pulsa ini mengontrol *transmitter* dan *receiver* dalam menghasilkan bentuk gelombang dari pulsa yang di pantulkan. Komputer akan memberikan informasi lengkap

bagaimana prosedur yang harus dilakukan. Selain itu, control unit akan menyimpan *track* dari tiap posisi dan waktu. Serta menyimpan data mentah dalam sebuah *buffer* sementara dan pada saat dibutuhkan dapat diambil dan ditransfer langsung ke komputer.

2. **Antena Transmitter**

Antena *transmitter* membangkitkan pulsa gelombang EM pada frekuensi tertentu sesuai dengan karakteristik antena tersebut (10 MHz – 4GHz). Unit ini menghasilkan energi elektromagnetik dan mengirimnya pada daerah sekitar yang akan diobservasi. Energi dalam bentuk pulsa ini dipindahkan ke bagian antena, kemudian ditransform dan diperkuat tergantung pada frekuensi tertentu yang dipakai.

3. **Receiver**

Mengkonversi sinyal yang diterima antena ke bentuk nilai integer. Unit ini di atur untuk melakukan scan yang dapat mencapai 32-512 scan per detik. Setiap hasil scan akan ditampilkan pada layar monitor yang di sebut radargram, sebagai fungsi waktu *two – way travel time*, yaitu waktu tempuh gelombang EM menjalar dari *transmitter – target – receiver*.

Antena *transmitter* dan *receiver* merupakan transduser yang mengkonversi arus listrik pada elemen metal antena yang mentransmisikan gelombang elektromagnetik untuk merambat ke material. Antena meradiasikan energi elektromagnetik ketika ada perubahan akselerasi arus pada antena. Sistem GPR dikontrol secara digital dan data direkam post – *survey processing* dan display. Kontrol digital dan bagian display sistem GPR Terdiri dari *micro processor*, memori dan medium penyimpanan untuk menyimpan data pengukuran lapangan. Sebuah *micro – computer* dan sistem oprasi standar digunakan untuk mengontrol proses pengukuran, menyimpan data, dan menset interface yang di tentukan oleh pengguna (Wiyono, 2016).

Data GPR diambil disepanjang lintasan dan secara simultan direkam pada *hard drive*. Ketika gelombang radar menemui dikontinyuitas struktural (perbedaan sifat material yang drastis), sebagian dari gelombang tersebut akan di pantulkan dan akan berbentuk implus sekunder. Implus tersebut kemudian di tangkap oleh antenna *receiver* dan kemudian direkam berupa data pengamatan, dan jika data tersebut diinterpretasikan secara benar, maka data tersebut akan menunjukkan struktur bawah permukaan dari benda/material yang di amati (Wiyono, 2016).

Ketika data di ambil secara terus menerus, skala horizontal pada radargram ditentukan oleh kecepatan gerakan antenna atau roda bertali (*hip chain*) yang terikat pada tempat tertentu diawal lintasan. Skala vertikal adalah interval rekaman kedalaman yang diatur pada sampling frekuensi. Interval rekaman mempresentasikan *two – way travel time* maksimum yang direkam. *Travel time* GPR kemudian dikonversikan kedalam (*depth conversion*) dengan kalibrasi terhadap objek yang telah diketahui kedalamannya atau dengan melakukan *common midpoint stack* dengan antenna bistatik disekeliling reflektor datar dan memisahkan antara *transmitter* dan *receiver*. Respon dari sistem radar berhubungan dengan filter dari antenna *transmitter*, *receiver* dan respon target berhubungan dengan refleksi objek bawah permukaan (*subsurface*). Pendeteksian GPR selanjutnya adalah masalah pengindraan dan pengukuran target menggunakan sinyal masukan (*input signal*) yang telah di ketahui dan melakukan analisis sinyal keluaran (*output signal*) yang di observasi (Wiyono, 2016).

Kemampuan penetrasi GPR tergantung pada frekuensi sinyal, efisiensi radiasi antenna dan sifat dielektrik material. Sinyal radar dengan frekuensi yang tinggi akan menghasilkan resolusi yang lebih tinggi dengan

kedalaman terbatas, sebaliknya sinyal radar dengan frekuensi rendah akan menghasilkan penetrasi kedalaman yang jauh tetapi resolusinya rendah (Arcone, 1991).

3.4 *Skin Depth*

Pada medium konduktor kedalaman penetrasi (*skin depth*) dalam metode GPR sangat dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan saat pengambilan data. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka semakin dangkal kedalaman penetrasinya tetapi memiliki resolusi yang tinggi. Dan sebaliknya apabila frekuensi yang digunakan merupakan frekuensi rendah maka kedalaman penetrasinya akan semakin dalam tetapi memiliki resolusi yang rendah apabila dibanding saat kita menggunakan frekuensi tinggi. Untuk menentukan skin depth dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Kearey dkk., 2002).

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \sigma \mu_0}} \approx \frac{503,8}{\sqrt{\sigma f}} \quad (9)$$

Keterangan:

δ = skin depth (m)

σ = konduktivitas (S/m)

f = frekuensi (Hz)

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

Penentuan frekuensi gelombang radar yang dipancarkan dapat diatur dengan mengganti antena. Pemilihan frekuensi yang digunakan bergantung pada ukuran target, aproksimasi range kedalaman dan aproksimasi maksimum kedalaman penetrasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Gelombang elektromagnetik yang menjalar ke bumi akan mengalami kehilangan energi, karena disebabkan oleh beberapa faktor yaitu diakibatkan

terjadinya absorpsi, dan atenuasi gelombang dimana terjadi hilangnya energi gelombang elektromagnetik melewati sebuah batas atau objek yang memiliki dimensi yang sama dengan panjang gelombang elektromagnetik dan biasanya terjadi di batas lapisan (Syahril, 2007).

Tabel 5. Besaran frekuensi dan penetrasi (Lehmann dan Green, 1999).

Frekuensi Antena (MHz)	Ukuran Target Minimum Yang Terdeteksi (m)	Amprokmasi Range Kedalaman (m)	Penetrasi Kedalaman Maksimum (m)
25	≥ 1.0	5 – 30	35 – 60
50	≥ 0.5	5 – 20	20 – 30
100	0.1 – 1.0	2 – 15	15 – 25
200	0.5 – 0.50	1 – 10	5 – 15
400	≈ 0.05	1 – 5	3 – 10
1000	cm	0.05 – 2	0.5 – 4

Absorpsi adalah energi gelombang elektromagnetik yang berubah menjadi energi panas, sedangkan atenuasi adalah pelemahan gelombang elektromagnetik. Fenomena tersebut menjadi faktor utama dari hilangnya energi yang mempunyai fungsi kompleks dari sifat listrik dan dielektrik medium. Faktor yang mempengaruhi terjadinya atenuasi (α) adalah konduktivitas listrik (σ), dan permitivitas dielektrik (ϵ) Besarnya harga atenuasi dapat dirumuskan sebagai berikut (Davis dan Annan, 1989).

$$\alpha = \frac{1,6 \times 10^3 \sigma}{\sqrt{\epsilon}} \quad (10)$$

Keterangan:

α : atenuasi (dB/m)

σ : konduktivitas listrik (Siemens/m)

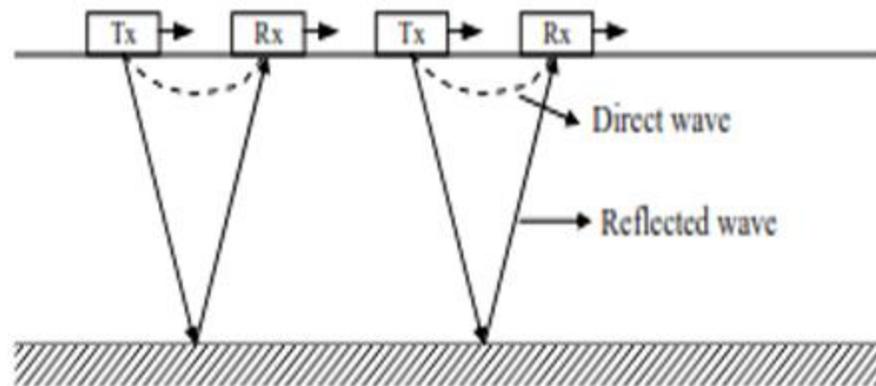
ϵ : permitivitas listrik (F/m)

3.5 Akuisisi Data *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Ada beberapa cara untuk memperoleh data GPR, yaitu dengan cara menarik atau mendorong unit alat GPR sepanjang lintasan. Pemakaian sistem radar terdiri tiga cara yaitu *Reflection Profiling* (antena monostatik ataupun bistatik), *Wide Angle Reflection* (WAR) atau *Common Mid Point* (CMP) *sounding*, dan *Transimulation* atau *Radar Tomography* (Wiyono, 2016).

1. *Radar reflection profiling* (antena monostatik ataupun bistatik)

Mode ini membawa antenna *transmitter* dan *receiver* bergerak bersamaan diatas permukaan tanah. Hasil tampilan pada radargram merupakan kumpulan tiap titik pengamatan. Pada pola akuisisi penampang radar refleksi ini, kedua antenna radar bergerak di atas permukaan tanah secara simultan, dengan waktu tempuh terukur terhadap reflektor radar ditunjukkan pada sumbu vertikal sementara jarak antenna yang bergerak ditunjukkan pada sumbu horizontal. Skema pengukuran *Radar reflection profiling* terdapat pada Gambar 12.

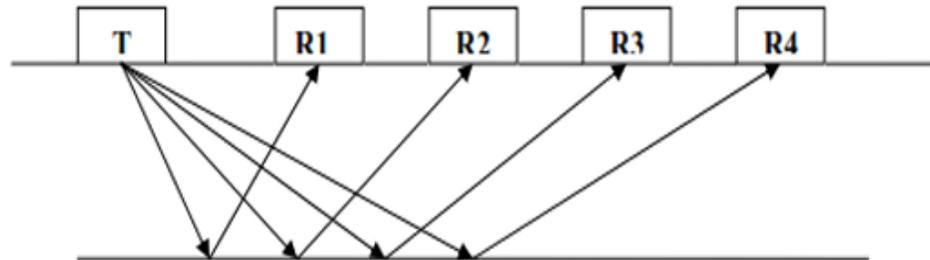


Gambar 12. Skema pengukuran radar reflection profiling (Syukur, 2009)

2. WAR atau CMP sounding

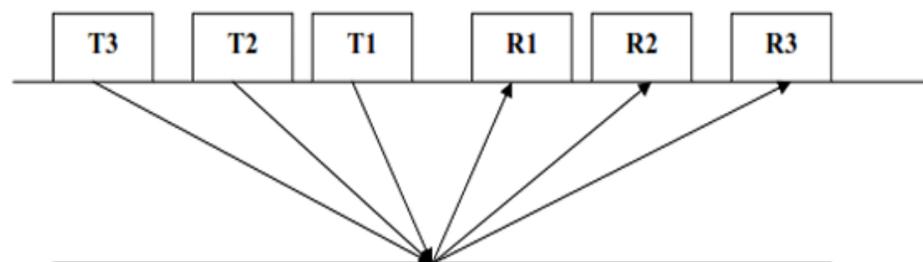
Cara *Wide Angle Reflection and Refraction* (WAR) *sounding* dengan meletakkan *transmitter* pada posisi yang tetap dan *receiver* dibawa pada area penyelidikan. WAR sounding diterapkan pada kasus dimana bidang reflektor relatif datar atau memiliki kemiringan yang rendah. Karena

asumsi ini tidak selalu benar pada kebanyakan kasus maka di gunakan *Common Mid Point* (CMP) sounding untuk mengatasi kelemahan tersebut. Skema pengukuran WAR terdapat pada Gambar 13.



Gambar 13. Skema pengukuran WAR (Syukur, 2009)

Pada CMP sounding antena *transmitter* dan *receiver* bergerak menjauhi satu sama lainnya dengan titik tengah pada posisi yang tetap. Profil yang dihasilkan berupa waktu delay akibat perbedaan *offset* yang dapat diterapkan koreksi NMO (*Normal Move out*) umumnya dilakukan sekali pada salah satu *line constant*. Lokasi CMP sebaiknya berada disuatu area dimana reflektor prinsipal berupa bidang datar dan horizontal atau kemiringanya hanya pada sudut yang sangat rendah. Dalam pengukuran diasumsikan bahwa sifat material sama. Skema pengukuran CMP Sounding terdapat pada Gambar 14.

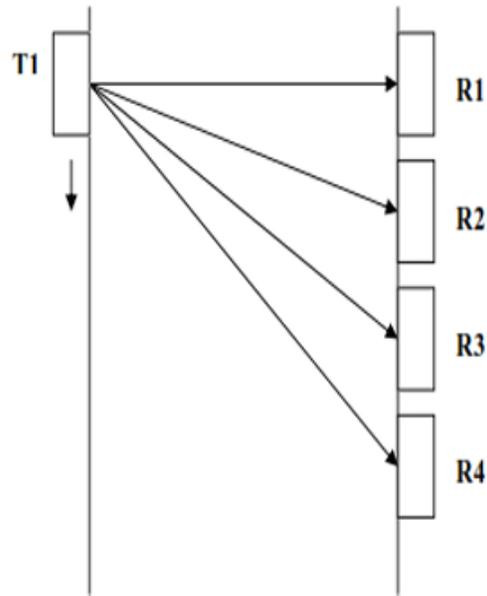


Gambar 14. Skema pengukuran CMP Sounding (Syukur, 2009)

3. *Transillumination* atau *radar tomography*

Mode ini dengan menempatkan *transmitter* dan *receiver* pada posisi berlawanan. Sebagai contoh jika *transmitter* diletakkan pada satu sisi, maka *receiver* diletakkan pada sisi yang lain dan saling berhadapan.

Umumnya metoda ini digunakan pada kasus *Non-Destructive Testing* (NDT) dengan menggunakan frekuensi antenna sekitar 900 MHz. Skema pengukuran *Radar tomography* terdapat pada Gambar 15.



Gambar 15. Skema pengukuran radar tomography (Syukur, 2009)

3.6 Pengolahan Data *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Data yang telah didapatkan pada proses akuisisi di lapangan akan merekam dan menggambarkan penampang vertikal bawah permukaan yang akan ditampilkan dalam bentuk profil radargram. Sampai pada tahap interpretasi maka dibutuhkan serangkaian tahapan pengolahan yang harus dilakukan.

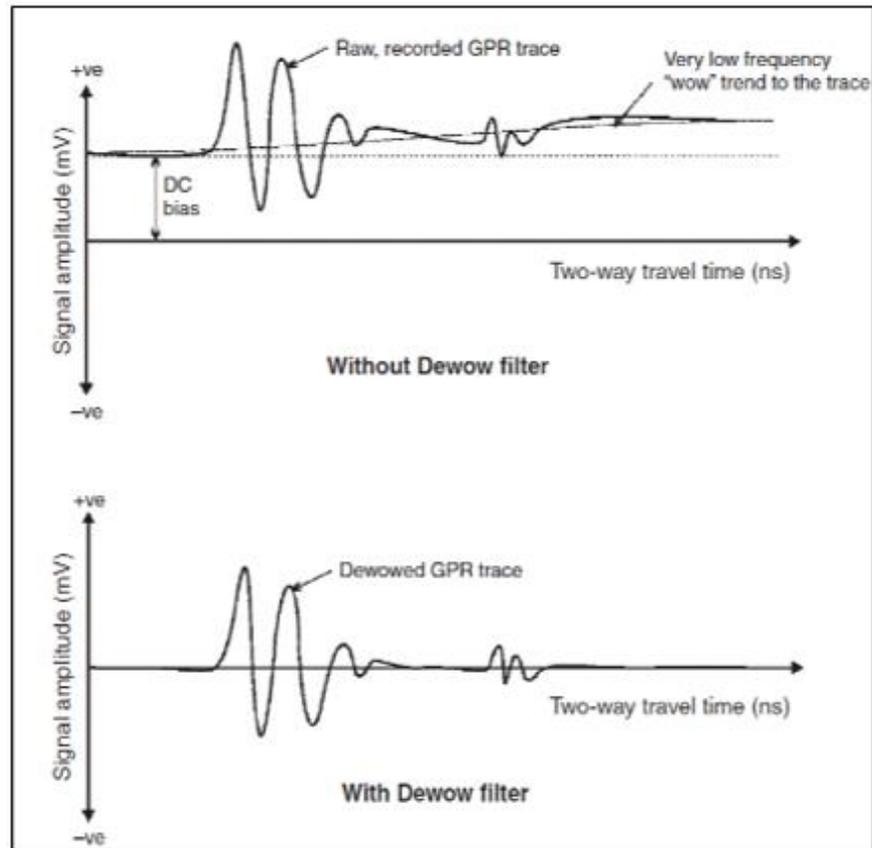
1. Koreksi statis / *static correction*

Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh dari gelombang udara dengan cara memindahkan waktu tiba gelombang pada titik nol. Pengaruh ini diakibatkan oleh adanya kontras yang tinggi antara daya konduktivitas udara dan tanah dapat menciptakan gelombang direct dan gelombang udara yang dapat mengaburkan refleksi dari objek penting di bawah Permukaan. Menurut Benedetto, dkk., (2017) ambang batas yang paling banyak digunakan pada koreksi statis ini ialah i) break-point

pertama, ii) puncak negatif pertama, iii) titik amplitudo nol antara puncak negatif dan positif, iv) titik amplitudo tengah antara negatif dan puncak positif dan v) puncak negatif pertama. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan berkaitan dengan sifat dielektrik dari bahan permukaan dan frekuensi yang digunakan.

2. *Subtract mean- dewow*

Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan frekuensi rendah dan bias arus DC (*direct current*) yang terekam dalam data sehingga menjadi gangguan atau *noise*. *Wow* adalah *noise* atau gangguan yang memiliki nilai frekuensi sangat rendah, ini terjadi akibat dari alat elektronik yang tersaturasi dengan nilai amplitudo besar gelombang langsung dan gelombang udara. Pada Gambar 16 menunjukkan cara kerja filter ini adalah dengan menghitung nilai frekuensi rata-rata dari *trace*. Kemudian nilai frekuensi pada setiap parameter *time window* akan dikurangi dengan nilai rata-rata frekuensi yang telah dihitung sehingga *noise* dengan frekuensi rendah dapat dihilangkan (Jol, 2008).



Gambar 16. Cara kerja *subtract mean-dewow* (Jol, 2008)

3. Gain

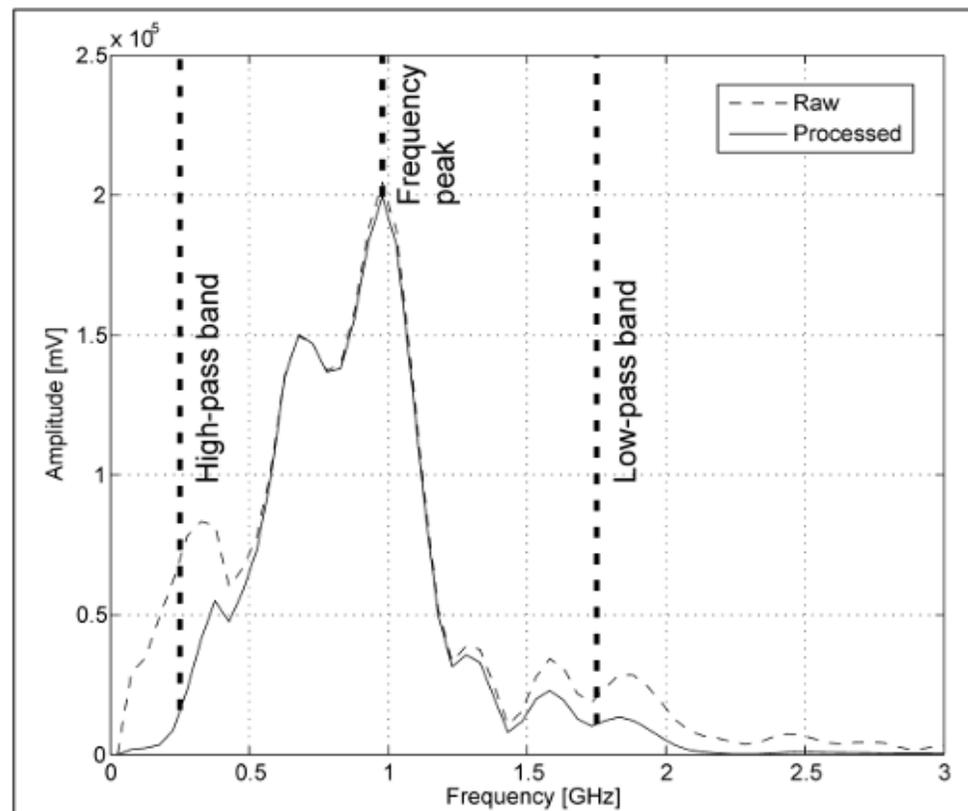
Sebagai efek dari atenuasi dimana pada saat pengambilan data terdapat pelemahan energi sinyal yang terserap oleh batuan atau lapisan yang ada di bawah permukaan. *Gain* dilakukan untuk memperjelas sinyal atau menguatkan sinyal yang terjadi pelemahan tersebut. Intensitas pelemahan ini terkait dengan konduktivitas listrik dari medium yang dilewati. Sebagian besar dalam kasus bahan konduktivitas tinggi, seperti tanah liat, target yang lebih dalam hampir tidak dapat dideteksi (Benedetto dkk., 2017). Adapun bentuk umum dari fungsi *gain* yang bervariasi terhadap waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y'(n) = Y(n).k.n \quad (11)$$

Dimana $y'(n)$ merupakan sampel ke- n dari *trace* dalam domain waktu dan k adalah *gaining function* dari sampel ke- n .

4. *Frequency filtering*

Filtering ini dilakukan untuk menghilangkan frekuensi yang lebih tinggi atau rendah dari sinyal GPR utama yang tidak ingin disertai pada saat proses interpretasi. Ada beberapa jenis pemfilteran yang dapat dilakukan yakni *high-pass* filter yang akan menghilangkan frekuensi rendah dan mempertahankan yang tinggi sementara *low-pass* filter adalah sebaliknya yakni mempertahankan frekuensi rendah. Kemudian *bandpass* filter merupakan kombinasi dari dua filter frekuensi, yaitu *high-pass* dan filter *low-pass*. Pada filter ini akan meloloskan rentang antara frekuensi rendah dan frekuensi tinggi.



Gambar 17. *Band-pass filtering* pada spektrum frekuensi dari data GPR (Benedetto dkk., 2017)

Pada Gambar 16 garis putus-putus menunjukkan bentuk spektrum setelah penerapan band-pass filter ke wilayah spektral antara 250 MHz dan 1750 MHz. Berdasarkan Benedetto dkk., (2017) jika sinyal *trace* dalam domain waktu $y(t)$ dan $Y(\omega)$ mewakili spektral yang diperhitungkan, $H(\omega)$ merupakan filter *band-pass* dan $Y'(\omega)$ menjadi data yang diproses dalam domain frekuensi, maka dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y'(\omega) = Y(\omega) \cdot H(\omega) \quad (12)$$

5. *2D filter- Background removal*

Pada tahapan ini dilakukan guna menghilangkan gangguan-gangguan yang konsisten muncul pada seluruh profil hingga menutupi sinyal sebenarnya. Proses pemfilteran ini dilakukan sesuai dengan domain waktu dan domain jarak. Dari sebuah profil radargram yang terdiri dari gabungan beberapa *trace*, gangguan atau *noise* dapat dikurangi dengan mengurangkan setiap nilai rata-rata amplitudo yang terkait dengan sampel tunggal, yang dihitung untuk seluruh rangkaian profil radargram. Proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$y'(n) = y(n) - \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K y_k(n) \quad (13)$$

di mana $y'(n)$ dan $y(n)$ masing-masing adalah *trace* sinyal yang telah dan belum diproses. Dengan n adalah nomor dari sampel dan k merupakan jumlah *trace* dalam profil radargram yang dipilih (Benedetto dkk., 2017).

6. *FK filter*

Fk filter merupakan filter dengan domain frekuensi dan domain bilangan gelombang. Pada proses ini akan dipilih frekuensi pada rentang tertentu yang diharapkan sesuai dengan sinyal reflektor dan menghilangkan *noise* yang tidak diinginkan. Filter ini juga dapat meresolusi struktur dengan kemiringan curam. Berdasarkan Wang (2016) dengan tidak

mempertimbangkan *noise* atau gangguan yang terekam maka radargram dapat dituliskan sebagai berikut:

$$d(t, x, y) = s(t, x, y) + g(t, x, y) \quad (14)$$

Dimana d adalah data GPR yang terekam yang merupakan penjumlahan antara gelombang pantul (s) dan gelombang permukaan (g). Pada domain F- k persamaan diatas menjadi:

$$D(f, x, y)e^{i\theta_d(f,x,y)} = S(f, x, y)e^{i\theta_s(f,x,y)} + G(t, x, y)e^{i\theta_g(f,x,y)} \quad (15)$$

Untuk memperoleh hasil dalam domain F-k dilakukan transformasi Fourier dua dimensi sepanjang bidang x-y menggunakan persamaan berikut:

$$e^{i\theta_d(f,k_x,k_y)} = FFT_{xy} \left(\frac{S(f, x, y)}{D(f, x, y)} \right) x e^{i\theta_d(f,k_x,k_y)} \quad (16)$$

$$+ FFT_{xy} \left(\frac{G(f, k_x, k_y)}{D(f, x, y)} \right) x e^{i\theta_g(f,k_x,k_y)}$$

7. *Migration/Time depth conversion*

Terakhir ialah tahapan migrasi yang merupakan suatu prosedur untuk mengubah permukaan yang telah terekam dalam data GPR ke data dengan lokasi heterogenitas bawah permukaan pada posisi yang benar (Yulius dkk., 2008). Untuk mengubah *two way travel-time* menjadi kedalaman, harus diketahui kecepatan rambat gelombang. Kecepatan rambat gelombang ini dapat diperoleh dari radargram awal, dari informasi teori yang umum digunakan, atau dibiarkan sebagai kecepatan cahaya (m/s). Konversi antara setiap sumbu vertikal ialah sebagai berikut:

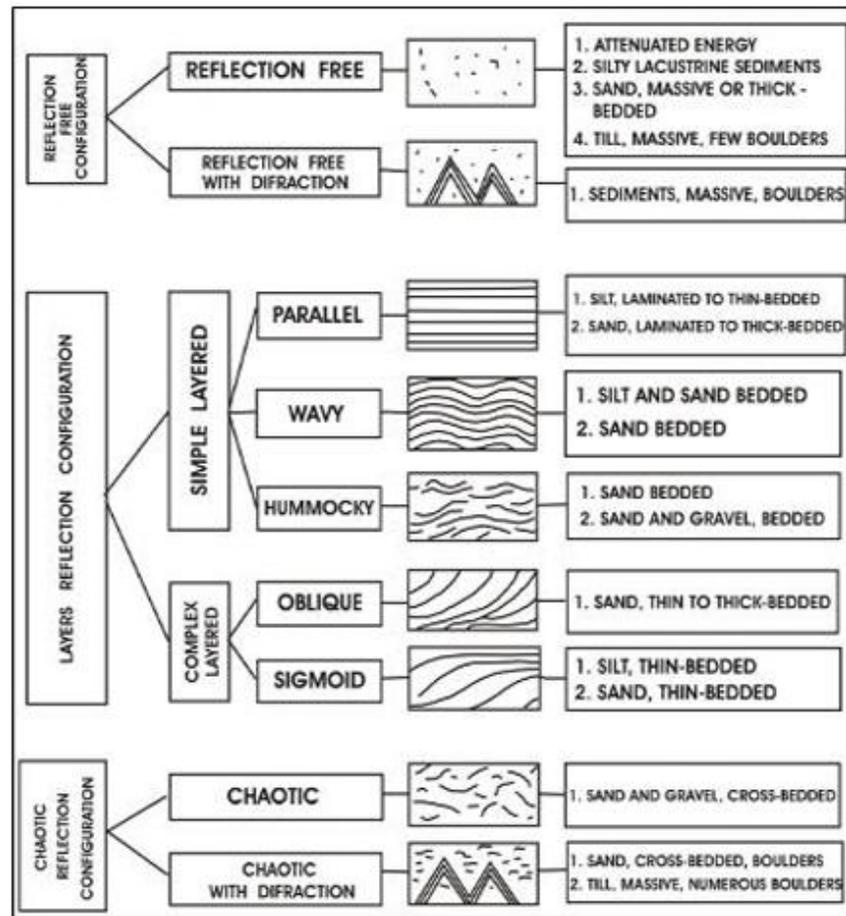
$$d = \frac{vt}{2} \quad (17)$$

Dimana d merupakan hasil konversi kedalaman (m), v merupakan kecepatan rambat (m/s) dan waktu penjalaran dari *two way travel-time* (s).

3.7 Interpretasi data *Ground Penetrating Radar*

Radargram dapat dianalisis dengan mengidentifikasi pantulan, difraksi, dan mengukur *two way travel time* hingga dapat diidentifikasi lapisan bawah permukaan. Dengan mengasumsikan, atau mengukur nilai konstanta dielektrik relatif yang sesuai, kemudian diperoleh kecepatan gelombang elektromagnetik dan *two way travel time* untuk menunjukkan kedalaman atau ketebalan lapisan tertentu. Radargram yang dihasilkan merupakan tampilan bentuk gelombang sebagai fungsi *two way travel time* dengan jarak sepanjang profil radargram. Oleh karena itu interpretasi dapat dilakukan berdasarkan radargram yang menampilkan berbagai tipe pantulan, difraksi, gangguan (*noise*), amplitudo, dan lain-lain (Reynold, 2011).

Selain pemetaan fasies, interpretasi juga dapat menggunakan variasi amplitudo yang ditampilkan pada radargram dengan pola tertentu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18 sebagai indikasi kondisi bawah permukaan yang berkaitan dengan atenuasi. Misalnya daerah dengan atenuasi tinggi dapat dapat diindikasikan sebagai daerah dengan konduktivitas tinggi yang mungkin berkaitan dengan daerah berpolusi, atau daerah lempungan. Adanya rongga di bawah permukaan dapat ditunjukkan pada radargram sebagai serangkaian amplitudo besar. Zona berbatu atau sangat terdistorsi dapat ditunjukkan dengan refleksi yang tidak selaras, yang mungkin berkaitan dengan adanya difraksi (Reynold, 2011).



Gambar 18. Karakteristik refleksi data GPR untuk interpretasi litologi (Powers, 1999).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada:

Waktu : Januari s.d Mei 2024

Tempat : Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG), Universitas Lampung

Alamat : Jl. Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35142

4.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut ini:

Tabel 6. Data penelitian

No	Data Penelitian	Sumber Data
1	Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	Data pada penelitian ini merupakan data sekunder yang terdapat di Muara Seputih Kabupaten Lampung Tengah. penelitian ini menggunakan 5 lintasan yang digabung menjadi 1 lintasan sungai sepanjang 14000 km.

No	Data Penelitian	Sumber Data
2	Peta Geologi	Peta geologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan peta geologi Lembar Menggala yang bersumber dari Burhan dkk., (1993).
3	Curah hujan	Stasiun BMKG Lampung, data ini digunakan untuk memprediksi curah hujan yang terjadi di Kabupaten Lampung Tengah
4	DEMNAS	Data DEMNAS pada penelitian ini digunakan untuk melihat kondisi topografi di Kabupaten Lampung Tengah

Tabel 7. *Software* yang digunakan dalam penelitian

No	<i>Software</i>	Fungsi
1	Laptop	Digunakan dalam pengolahan penelitian
2	<i>ReflexW</i>	Digunakan untuk mengolah data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)
3	ArcGIS 10.8	Digunakan untuk membuat peta geologi daerah penelitian

4.3 Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal kegiatan selama penelitian Tugas Akhir ini terdapat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Jadwal kegiatan penelitian

Kegiatan	Bulan																			
	Januari				Februari				Maret				April				Mei			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																				
Persiapan Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)																				
Pengolahan Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)																				
Penyusunan Laporan Usul																				
Bimbingan Laporan Usul																				
Seminar Usul																				
Revisi Laporan Usul																				
Bimbingan Hasil																				
Seminar Hasil																				
Revisi Laporan Seminar Hasil																				
Sidang Komprehensif																				

4.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Studi literatur

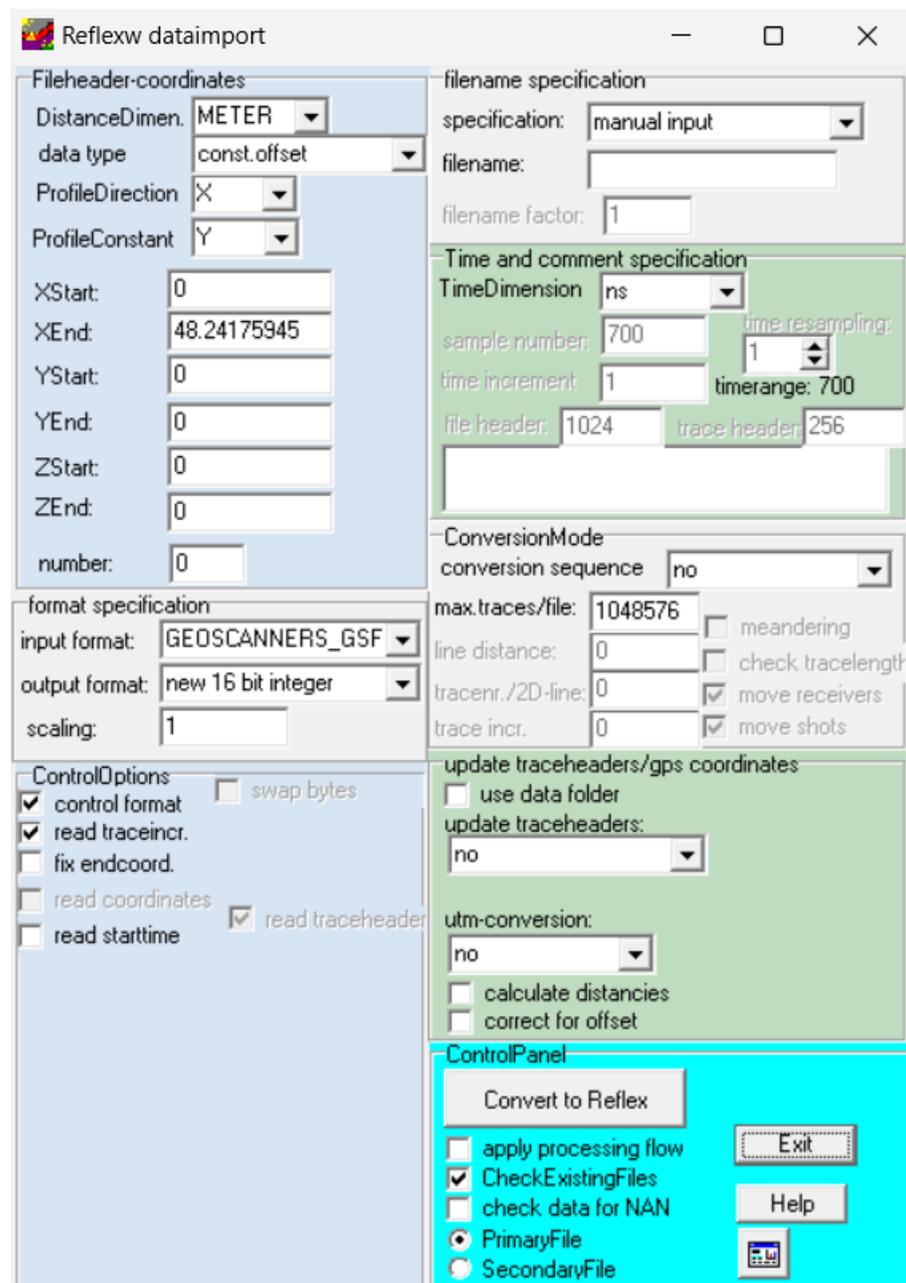
Pada tahapan ini dilakukan persiapan pengumpulan referensi yang akan mendukung teori dasar dan tinjauan pustaka yang akan menjadi acuan dalam proses selanjutnya.

2. Pengolahan data GPR

Pengolahan data GPR pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Reflexw* yang terdiri dari beberapa tahapan seperti berikut ini:

- a. *Input* data

Sebelum dilakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan *input* data. Adapun spesifikasi format data penelitian ini yaitu GEOSCANNER_GSF. Tampilan jendela *input* data dapat dilihat pada Gambar 19.

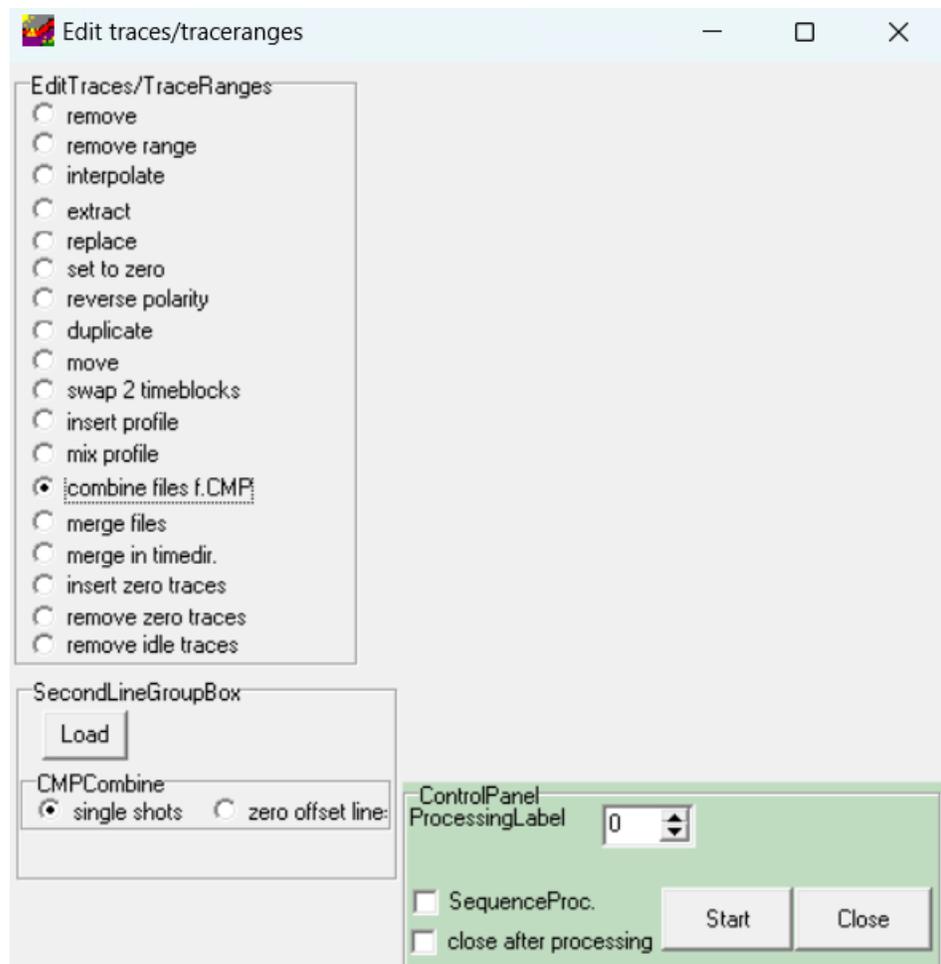


Gambar 19. Tahap *input* data

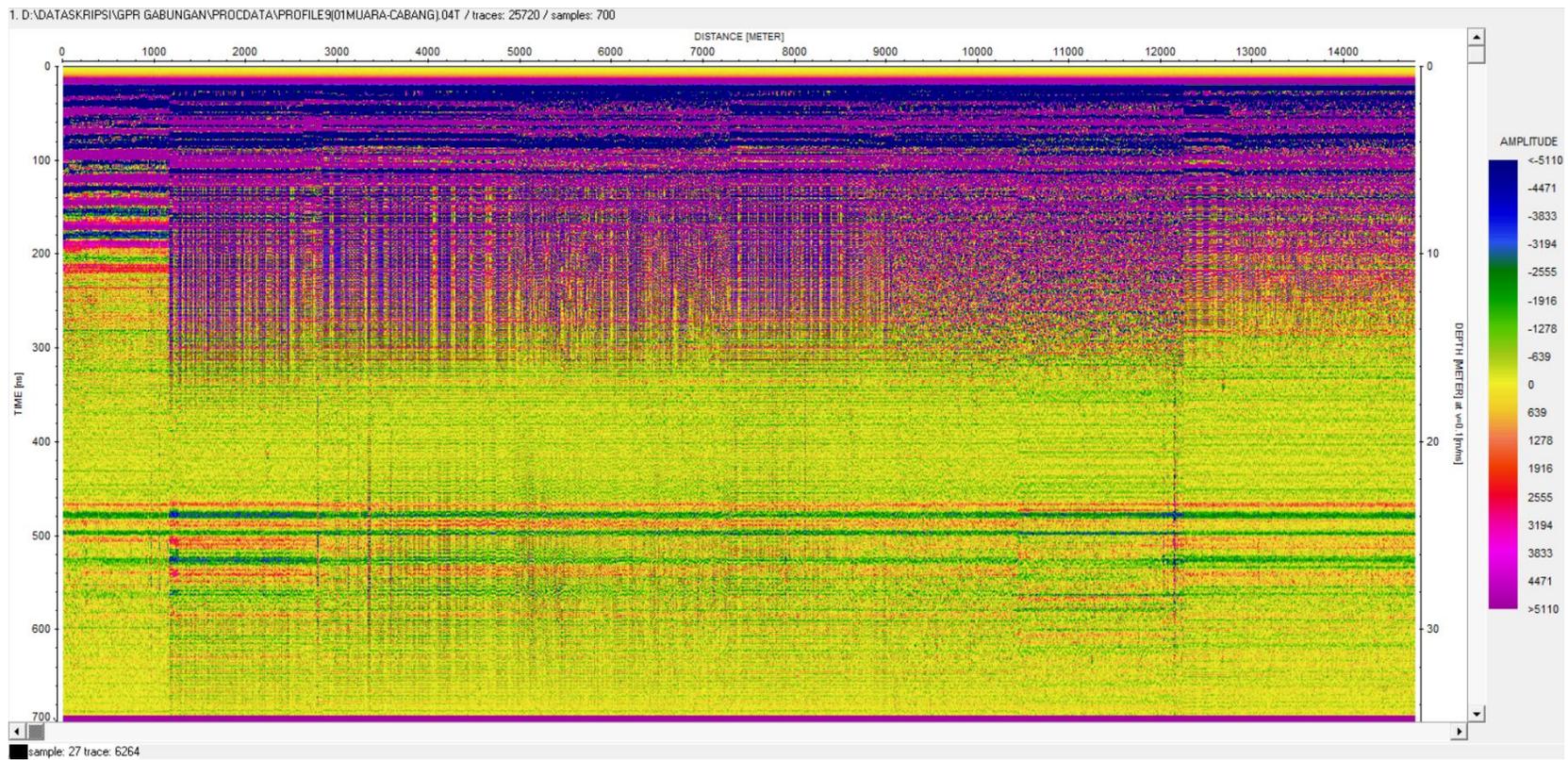
b. *Combine* file f.CMP

Combine file ini dilakukan untuk menggabungkan antar lintasan GPR supaya menjadi satu lintasan yang panjang dan mempermudah dalam interpretasi berikutnya. *Combine* file ini dilakukan dalam bentuk *raw data*. Pada Gambar 20 merupakan tampilan *Combine* file yang terdapat

pada *software ReflexW*. Sedangkan pada Gambar 21 merupakan hasil dari lintasan yang sudah digabung menggunakan *combine file f.CMP*.



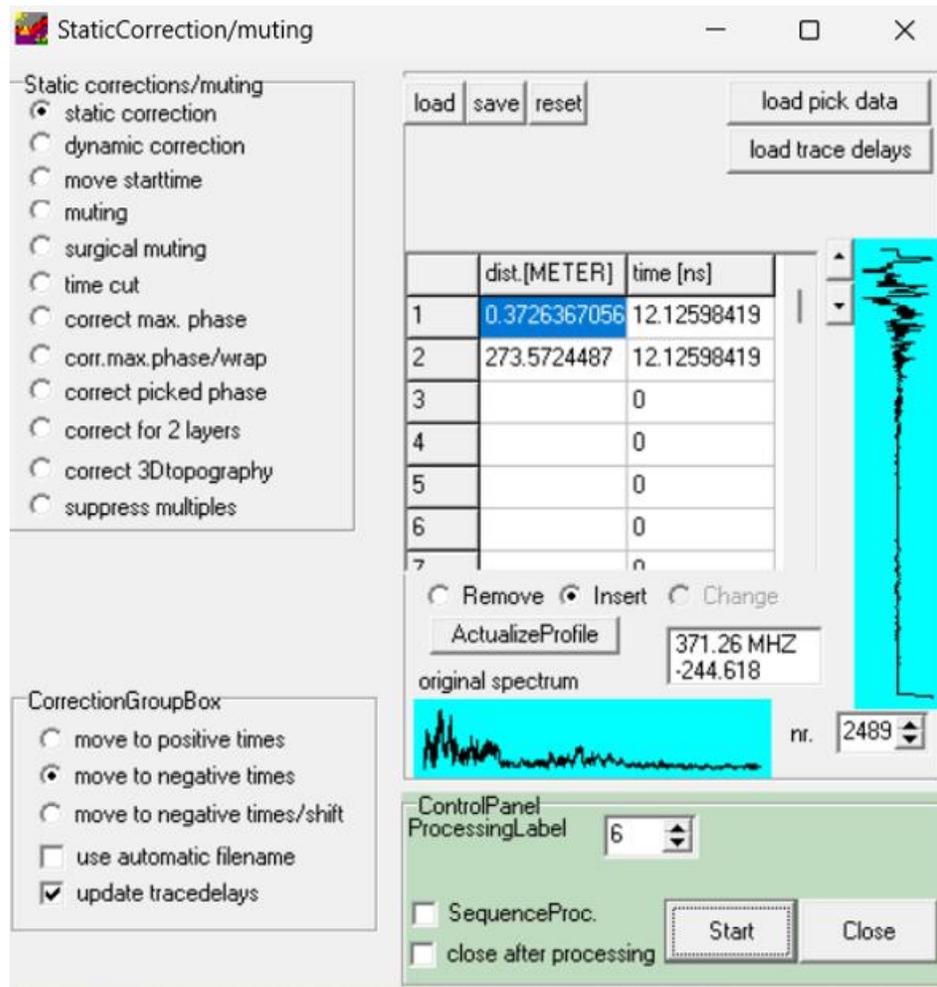
Gambar 20. Tampilan jendela *combine file f.CMP*



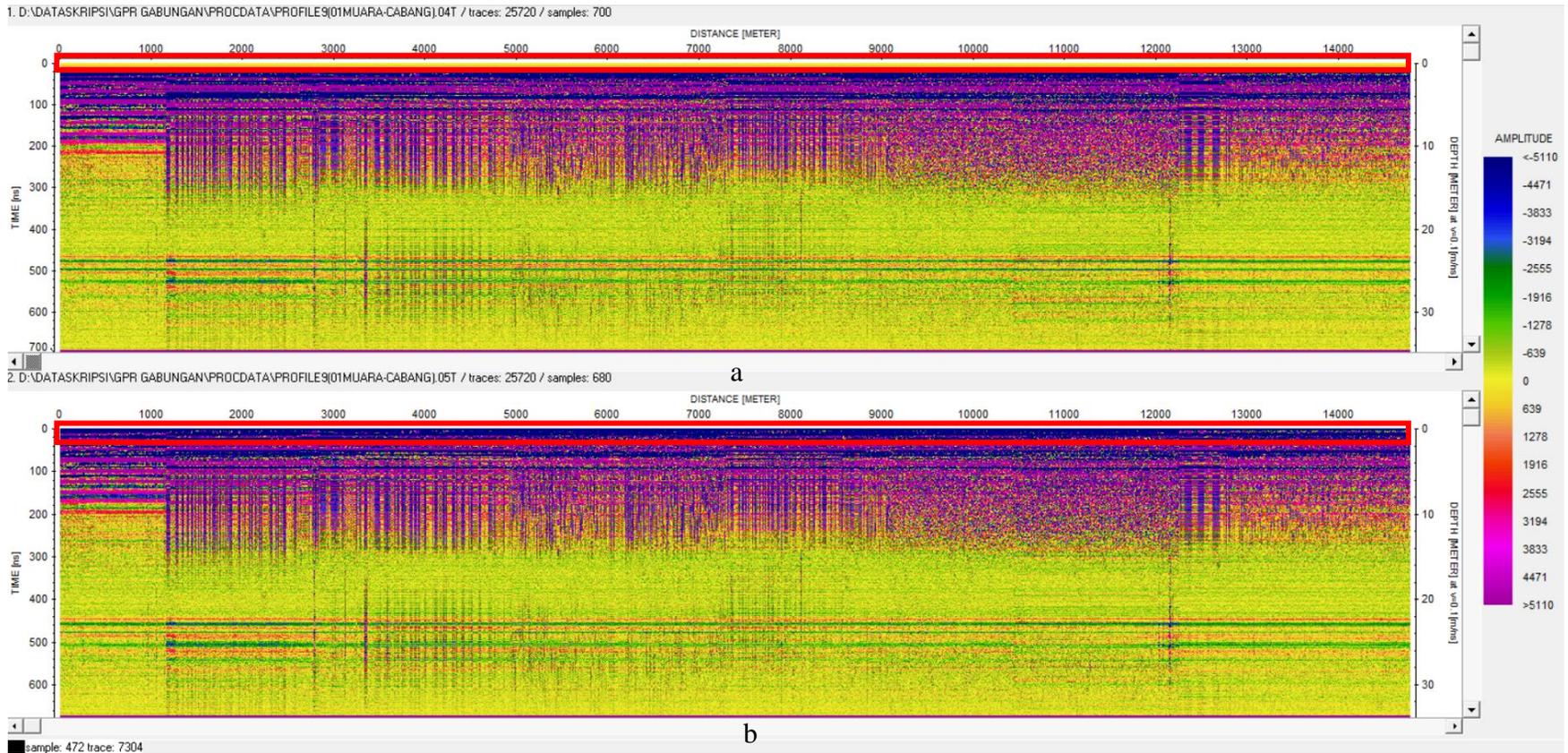
Gambar 21. Tampilan lintasan yang sudah digabung

c. *Static correction*

Koreksi ini dilakukan untuk mengembalikan waktu tiba ke posisi awal gelombang yang kembali ke titik nol untuk memudahkan proses selanjutnya. Tampilan jendela kerja *static correction* dapat dilihat pada Gambar 22. Dari Gambar 23 dapat dilihat perbedaan waktu tiba dari *raw data* sebelum dilakukan *static correction* dan data yang telah dilakukan *static correction* yang ditandai pada kotak merah.



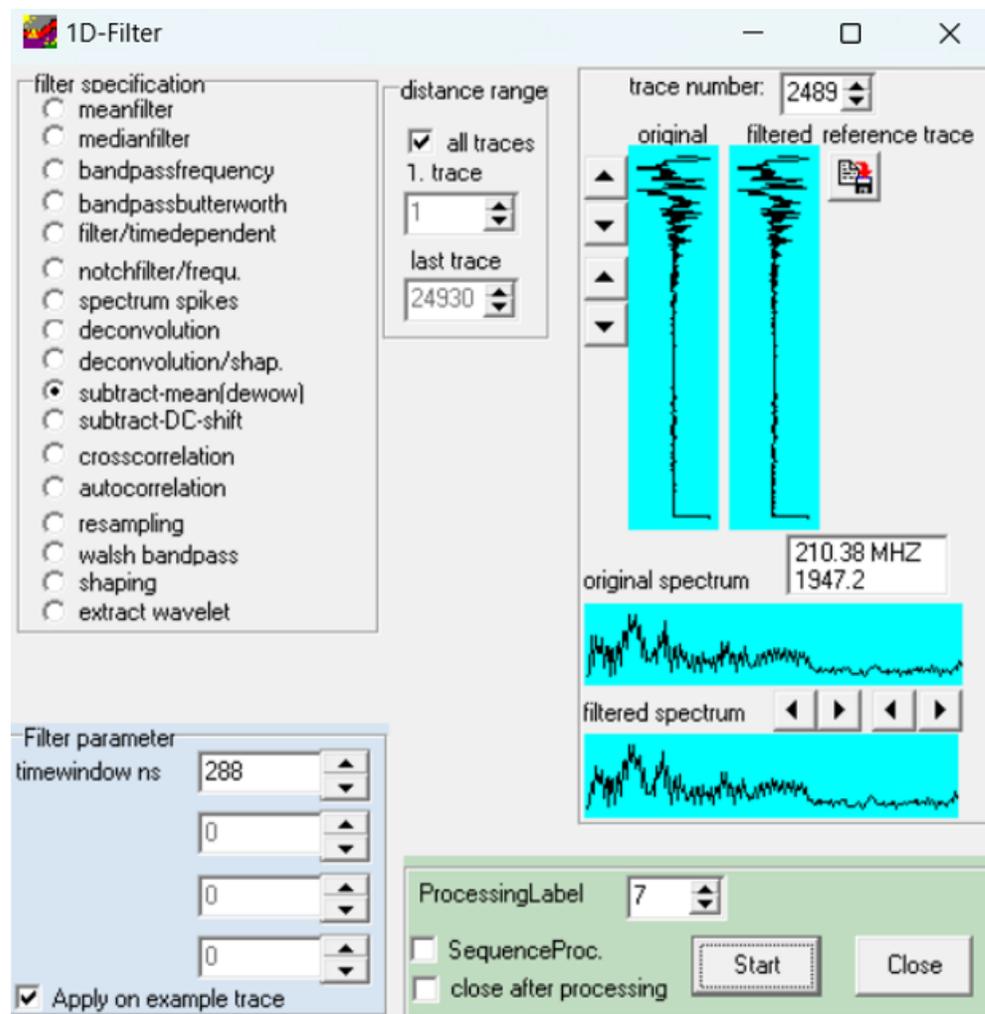
Gambar 22. Tampilan jendela *static correction*



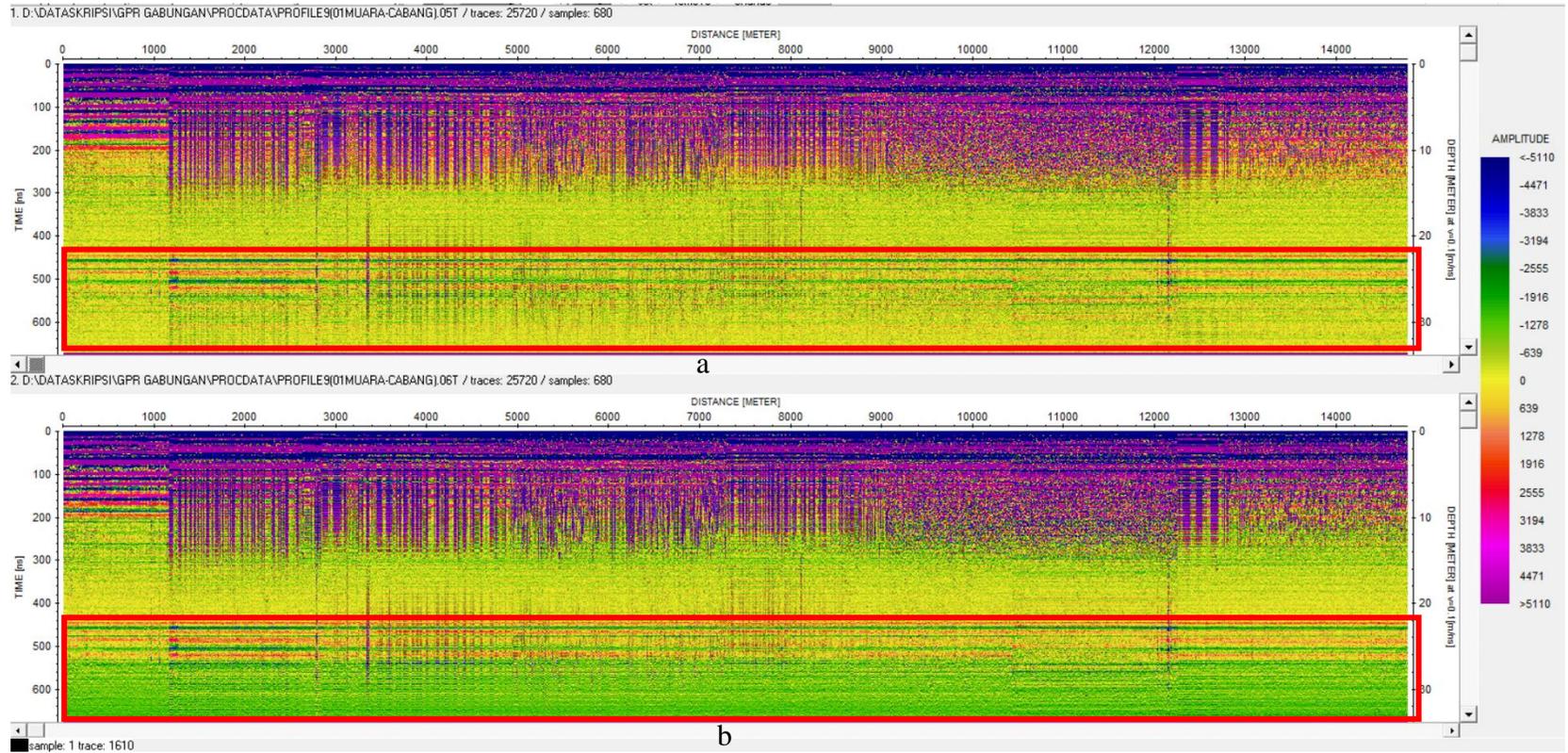
Gambar 23. (a) Sebelum dilakukan *static correction* (b) Sesudah dilakukan *static correction*

d. *Subtract mean (dewow)*

Pada pengolahan ini bertujuan untuk menghilangkan frekuensi yang sangat rendah (*wow*) pada radargram yang disebabkan oleh instrumen elektronik yang tersaturasi oleh nilai amplitudo yang besar dari gelombang langsung (*direct wave*) dan gelombang udara. Tampilan jendela kerja *subtract mean (dewow)* dapat dilihat pada Gambar 24. Pada filter parameter *time window* di *input* dengan memperhatikan gelombang *filtered spectrum* mendekati gelombang pada *original spectrum*. Perbedaan tampilan hasil sesudah dan sebelum dilakukan *subtract mean (dewow)* yang ditandai pada kotak putih dapat dilihat pada Gambar 25.



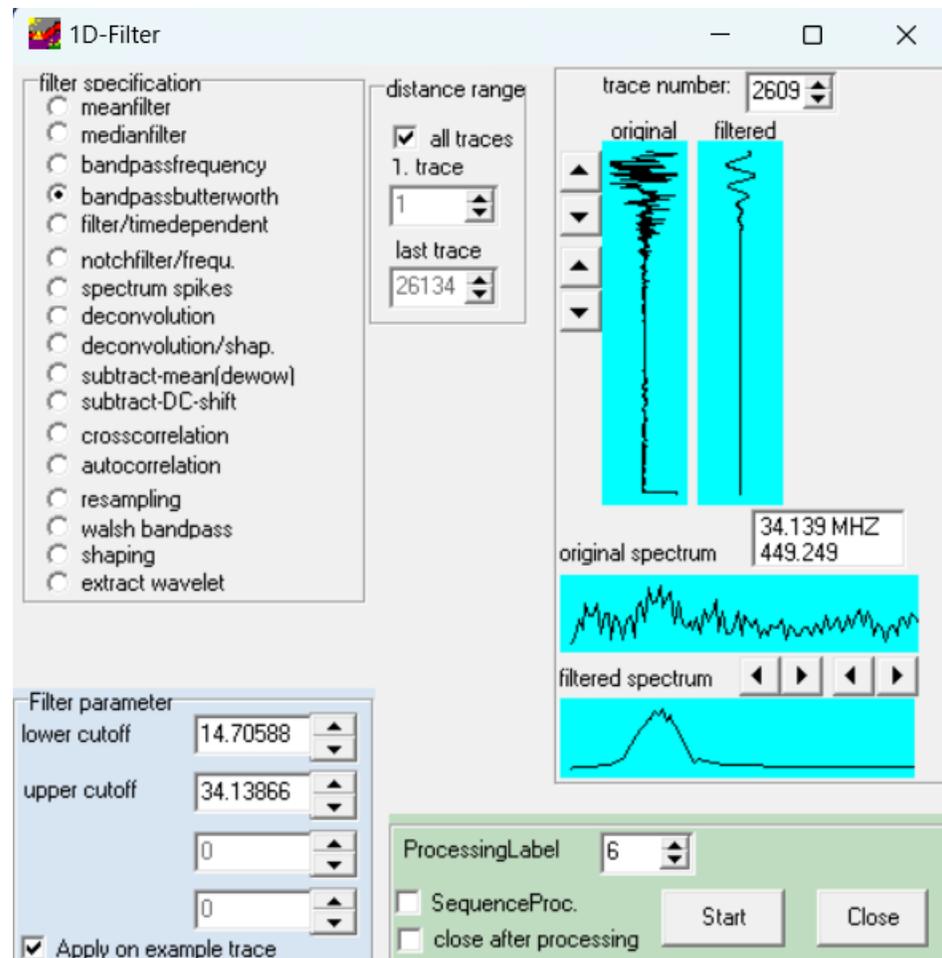
Gambar 24. Tampilan jendela kerja *subtract mean (dewow)*



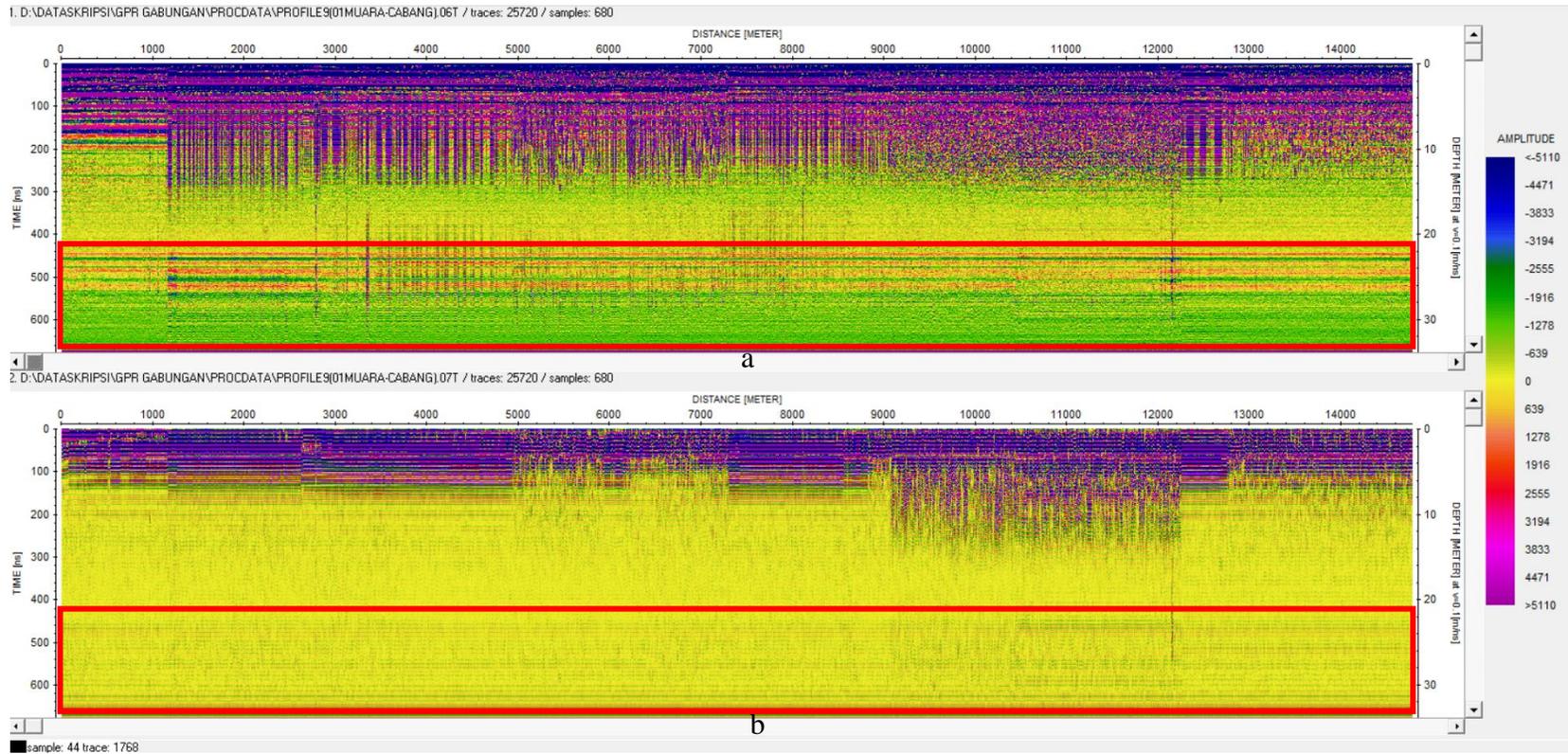
Gambar 25. (a) Tampilan sebelum *dewow* (b) Tampilan sesudah *dewow*

e. *Bandpass Butterworth*

Jenis filter *bandpass* ini merupakan jenis filter yang mudah diaplikasikan karena hanya memasukkan 2 nilai frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan (*noise*), dengan membatasi nilai jangkauan frekuensi sinyal pada radargram. Pada filter parameter yang ditunjukkan pada Gambar 26 menunjukkan nilai batas frekuensi yang akan dipotong meliputi *lower cutoff*, dan *upper cutoff*. Pada Gambar 27 menampilkan hasil dari proses *bandpass butterworth*.



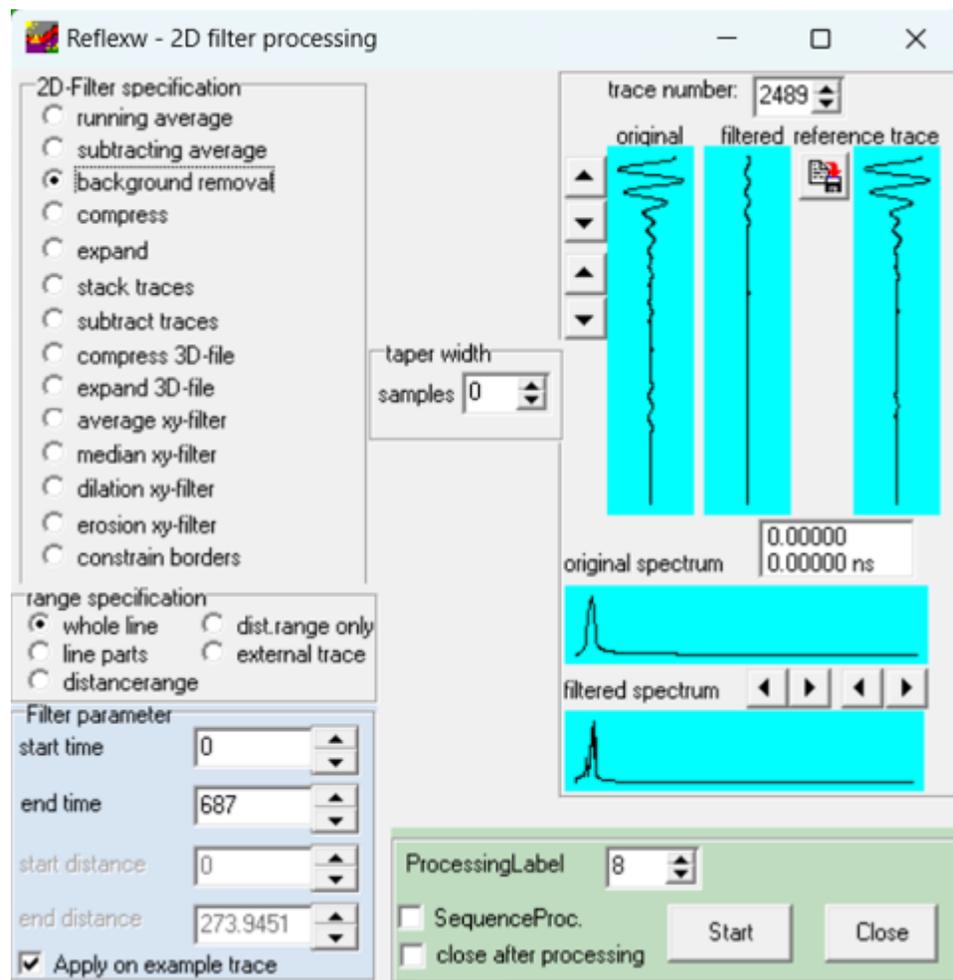
Gambar 26. Tampilan jendela *bandpass butterworth*



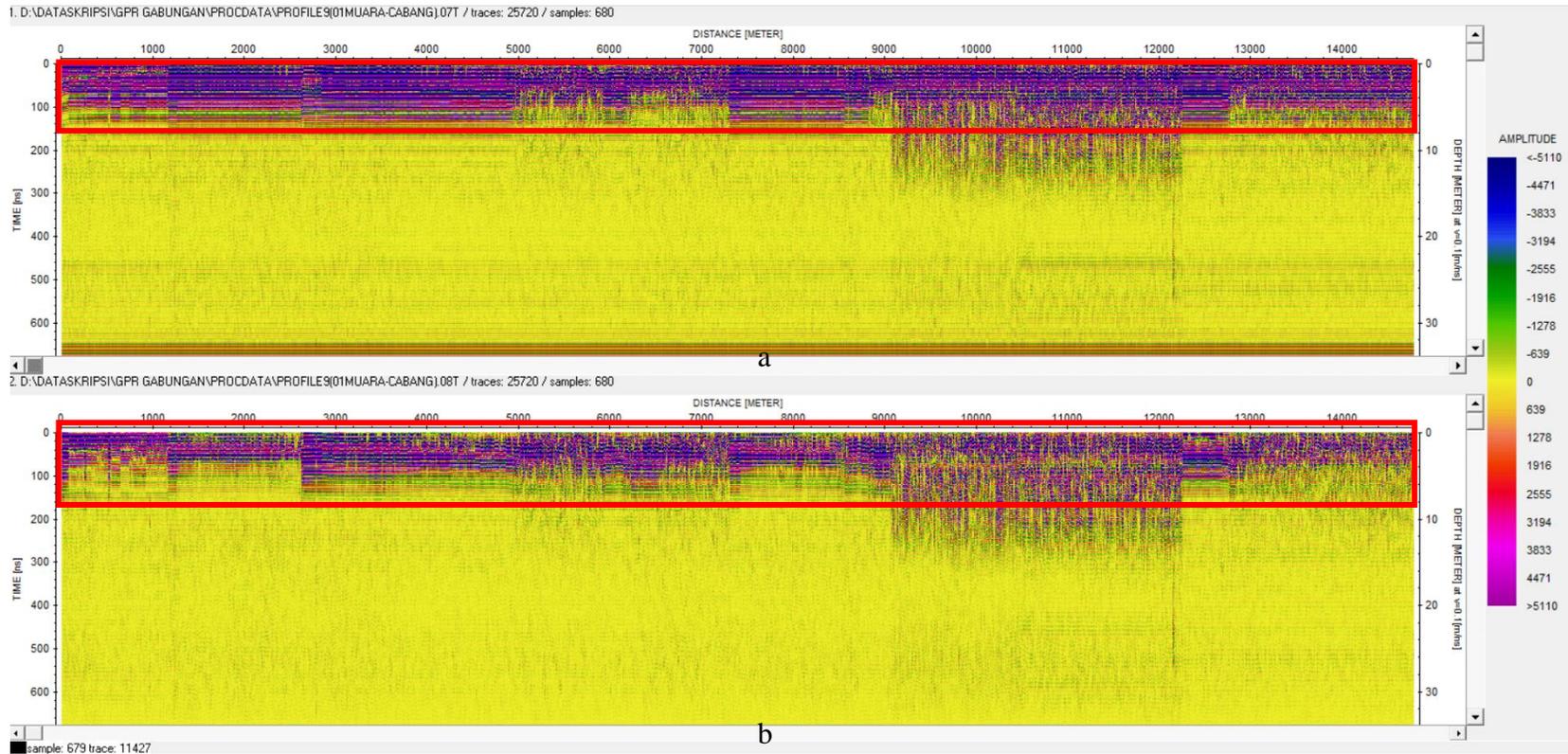
Gambar 27. (a) Tampilan sebelum *bandpass butterworth* (b) Tampilan sesudah *bandpass butterworth*

f. *Background Removal*

Background removal bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang muncul dalam radargram secara konsisten sehingga *noise* ini dapat menutupi frekuensi yang sebenarnya dengan cara menghilangkan energi koheren horizontal. Pada Gambar 28 berikut ini menampilkan jendela kerja *background removal*. Adapun adalah hasil dari *background removal* yang ditampilkan pada Gambar 29. Perbedaan antara sebelum dan setelah dilakukan *background removal* ditandai oleh kotak merah.



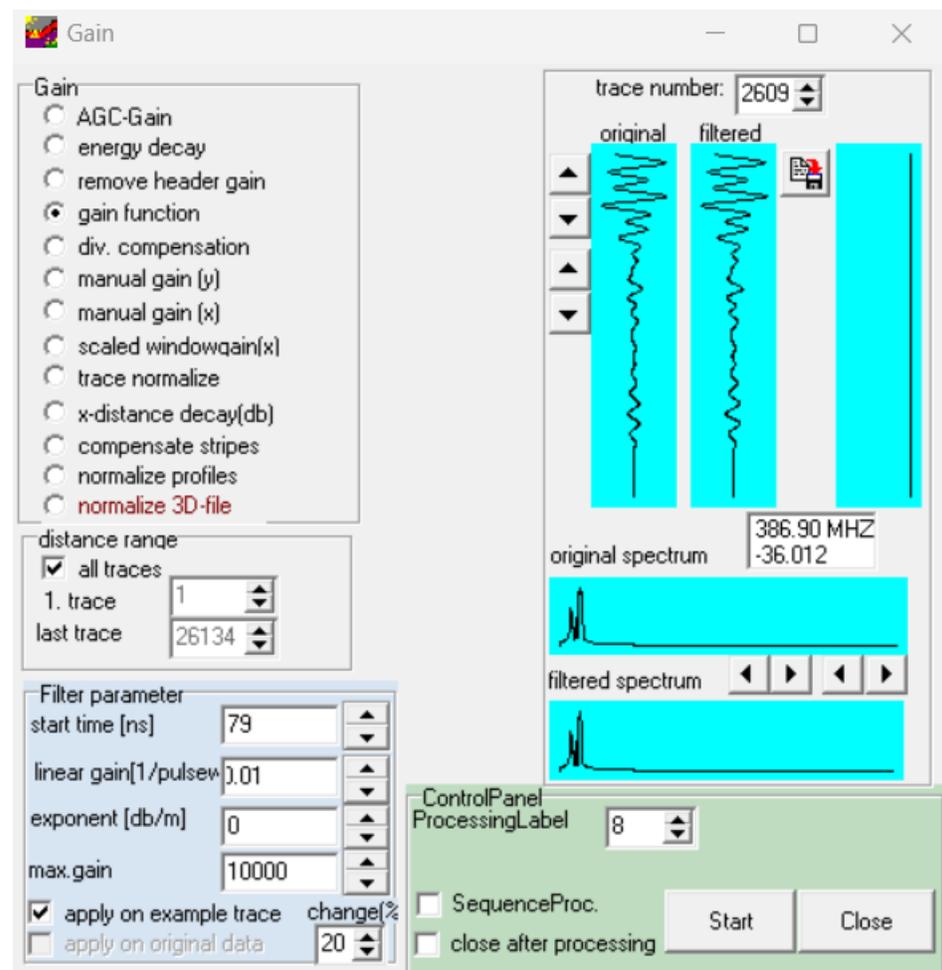
Gambar 28. Tampilan jendela kerja *background removal*



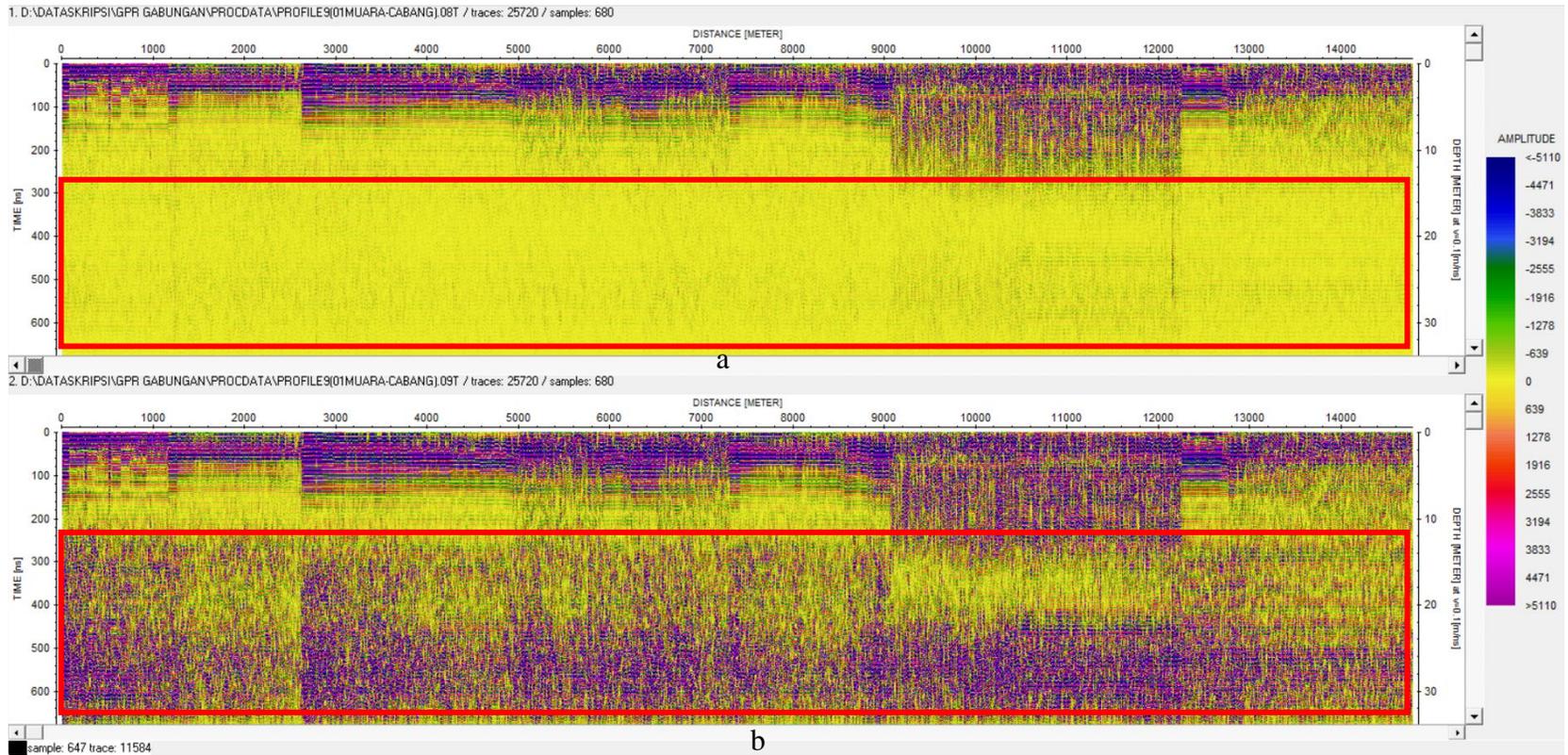
Gambar 29. (a) Tampilan sebelum *background removal* (b) Tampilan sesudah *background removal*

g. *Gain*

Pada proses ini sinyal akan diperjelas untuk menghilangkan efek atenuasi ketika menjalar ke dalam permukaan bumi akibatnya sinyal pada kedalaman yang besar menjadi kecil. Pada Gambar 30 menunjukkan tampilan jendela kerja dari proses *gain* menggunakan tipe *gain function*. *Gain* dilakukan pada rentang waktu tertentu dengan memasukkan nilai start time. Kemudian untuk nilai linier *gain* disesuaikan pada target yang diinginkan. Berdasarkan hasil dari *gain* dapat dilihat perbedaan tampilan sebelum dan setelah proses *gain* yang ditandai pada kotak merah pada Gambar 31.



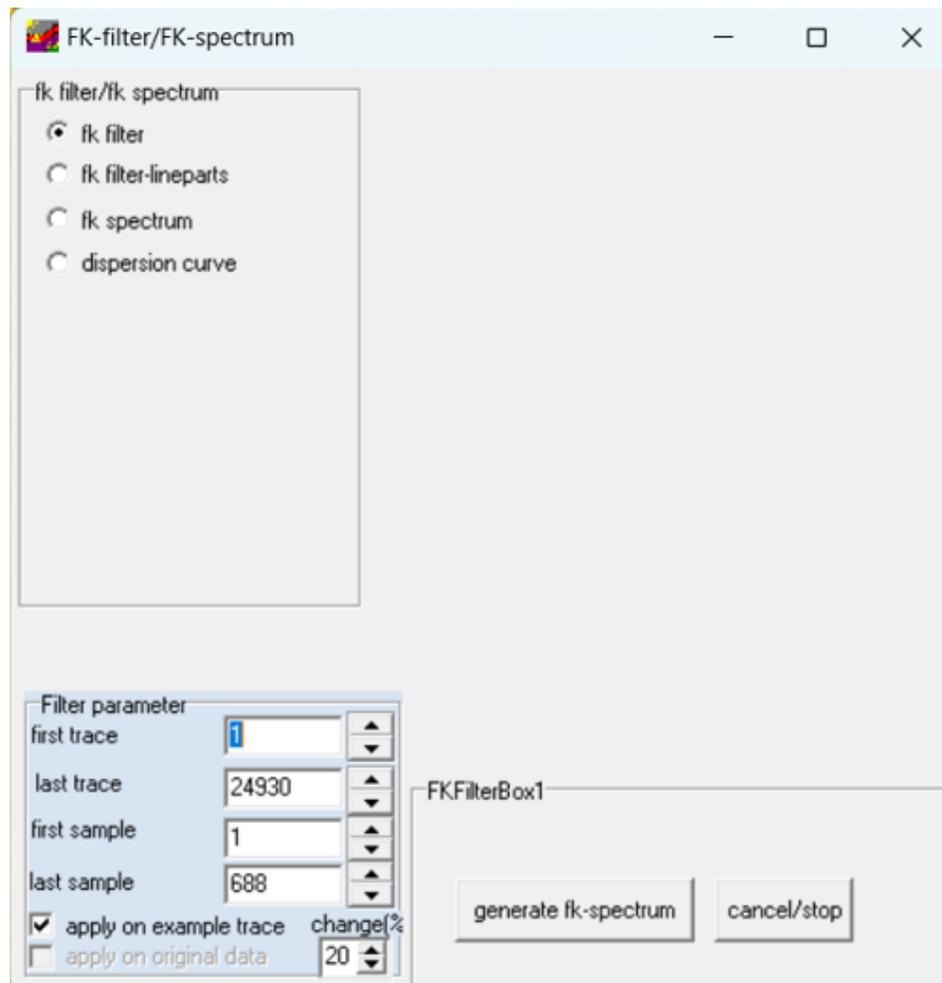
Gambar 30. Tampilan jendela kerja dari proses *gain*



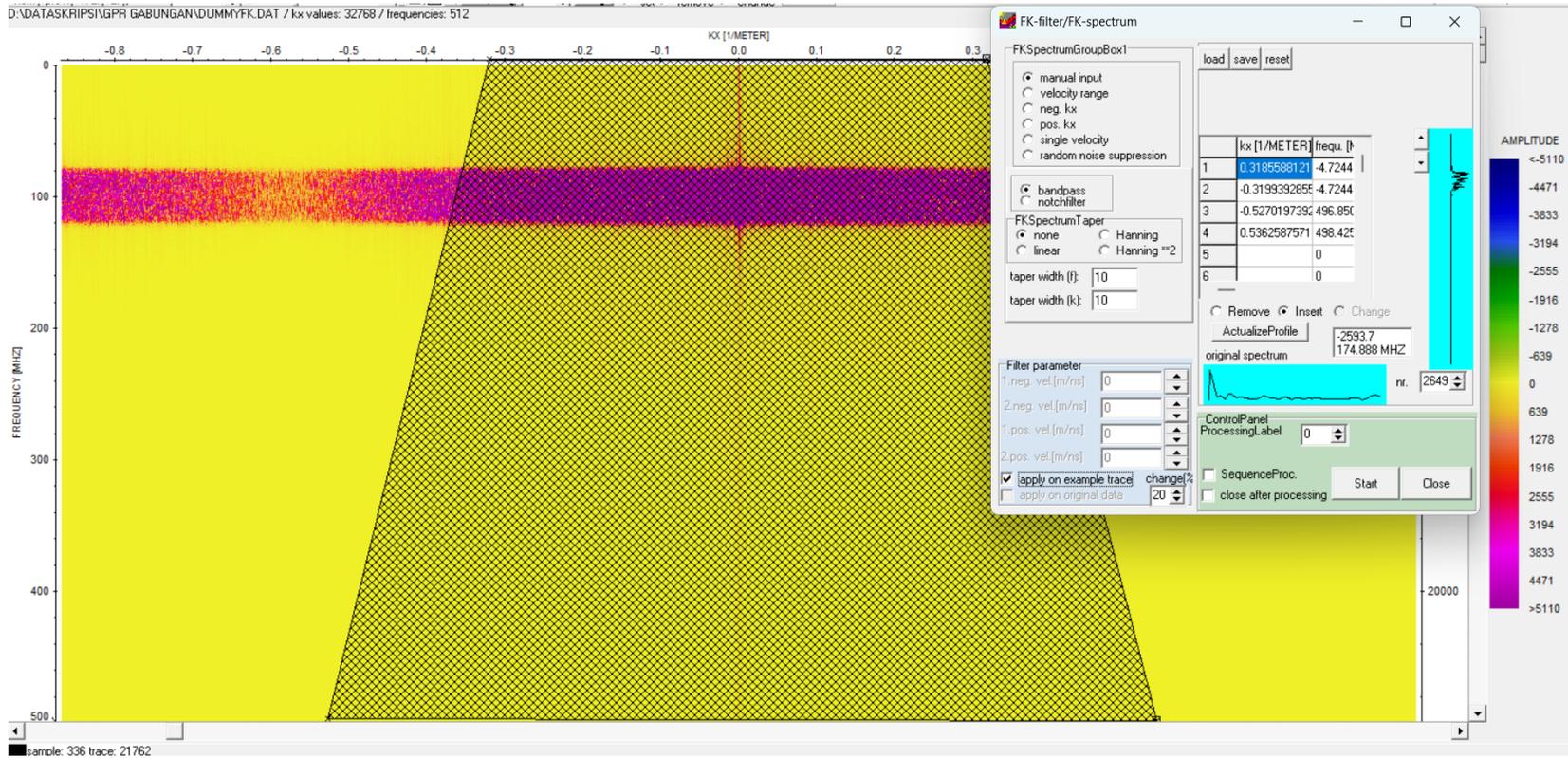
Gambar 31. (a) Tampilan sebelum proses *gain* (b) Tampilan sesudah proses *gain*

h. F-K filter

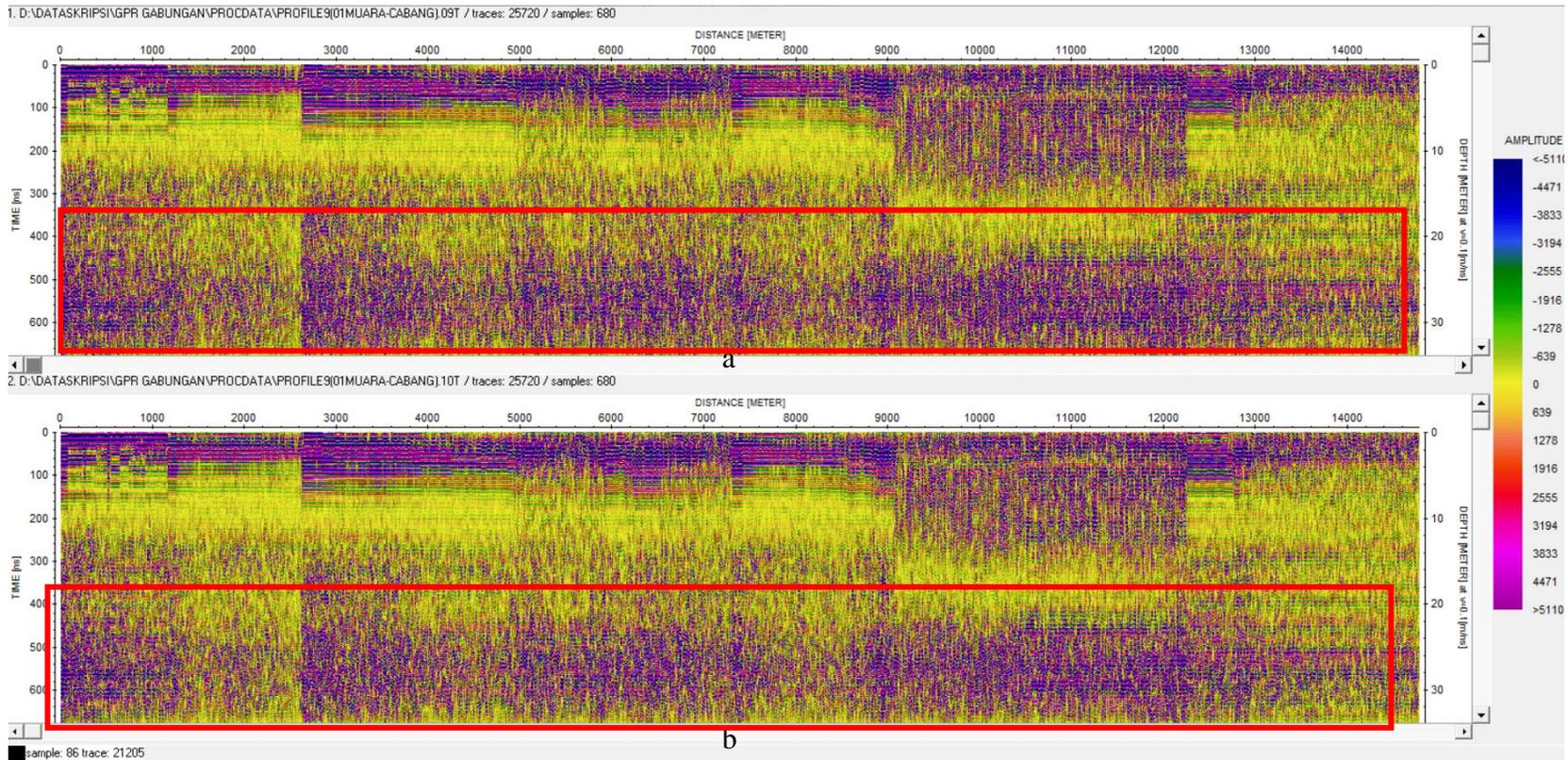
F-k filter dilakukan untuk menghilangkan *noise* pada radargram yang belum dihilangkan sepenuhnya pada proses sebelumnya. Gambar 32 berikut menampilkan jendela kerja F-K Filter/F-K *Spectrum*. Fk filter memungkinkan untuk menerapkan filter dua dimensi yang akan ditentukan kedalam domain bilangan gelombang dan frekuensi Gambar 33 ke data yang dipilih pada rentang tertentu. Sehingga pada proses ini akan dipilih frekuensi pada rentang tertentu yang diharapkan sesuai dengan sinyal reflektor. Perbedaan antara sebelum dan setelah dilakukan f-k filter ditandai oleh kotak merah pada Gambar 34.



Gambar 32. Tampilan jendela kerja *F-K Filter/F-K Spectrum*



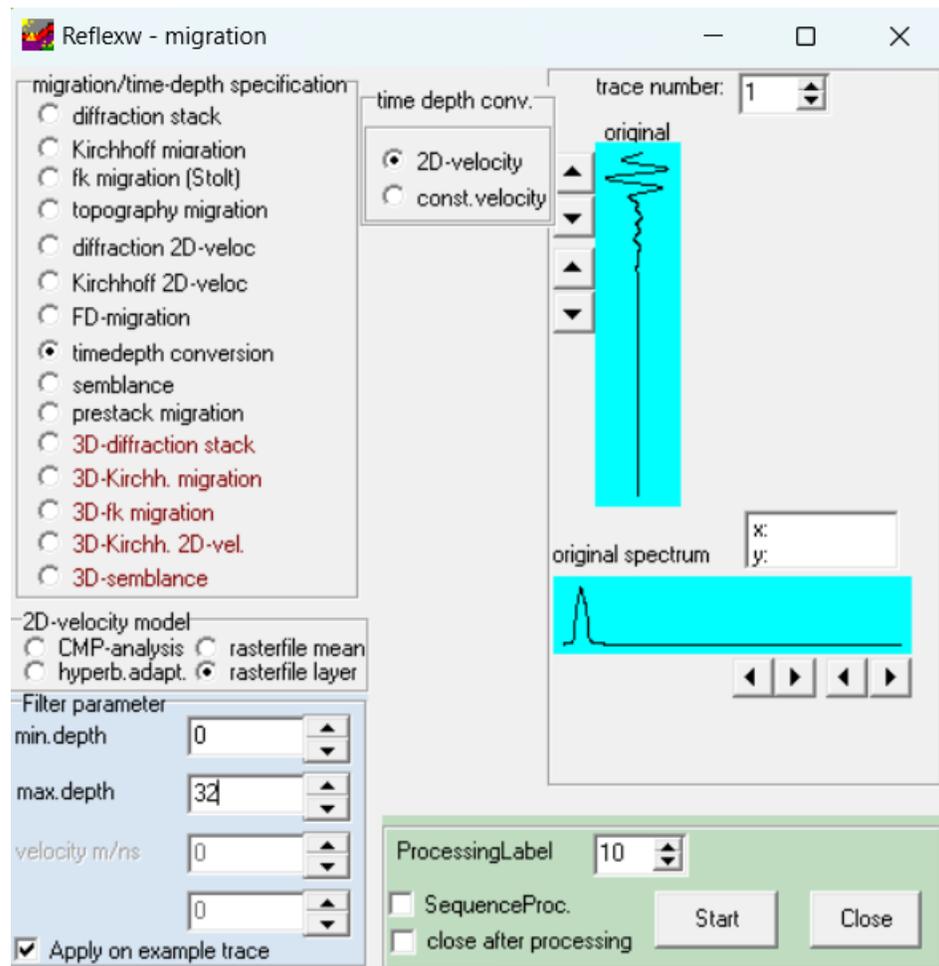
Gambar 33. Tampilan radargram pada domain frekuensi (f) dan bilangan gelombang (k)



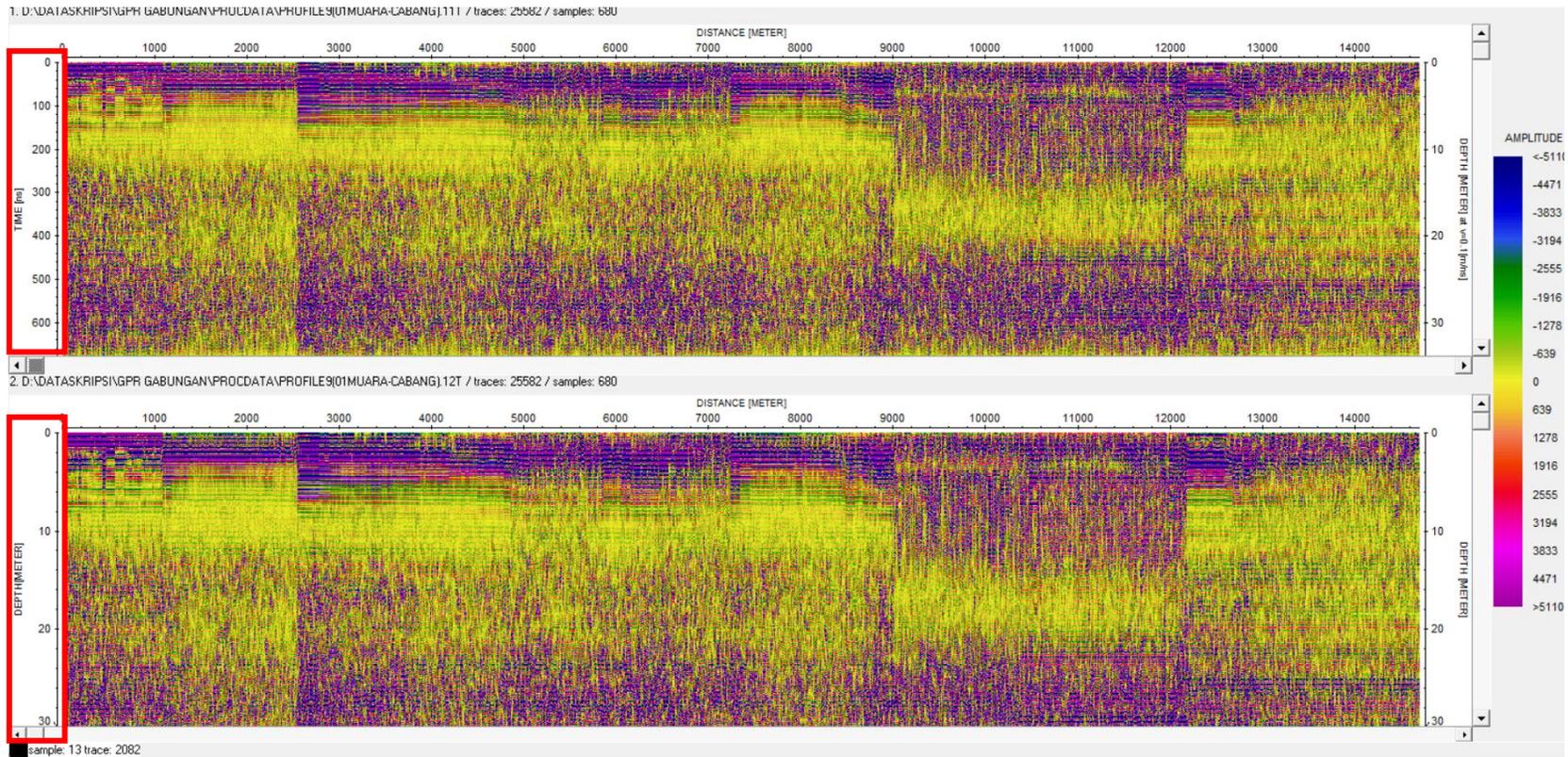
Gambar 34. (a) Tampilan sebelum proses *fk filter/fk spectrum* (b) Tampilan sesudah proses *fk filter/fk spectrum*

i. *Migration/Time depth conversion*

Pada tahapan ini akan mentransformasi satuan kedalaman yang berupa satuan waktu ke satuan jarak. Transformasi dilakukan berdasarkan distribusi kecepatan tertentu pada setiap lapisan seperti parameter yang ditampilkan pada Gambar 35. Kecepatan masing-masing lapisan kemungkinan dapat merubah bentuk sinyal dan besar frekuensi sinyal yang tampak. Perbedaan antara sebelum dan sesudah dilakukan *time depth conversion* ditampilkan pada Gambar 36. Perubahan satuan kedalaman yang semula berupa satuan waktu kesatuan jarak ditandai pada kotak merah.



Gambar 35. Tampilan jendela *time depth conversion*



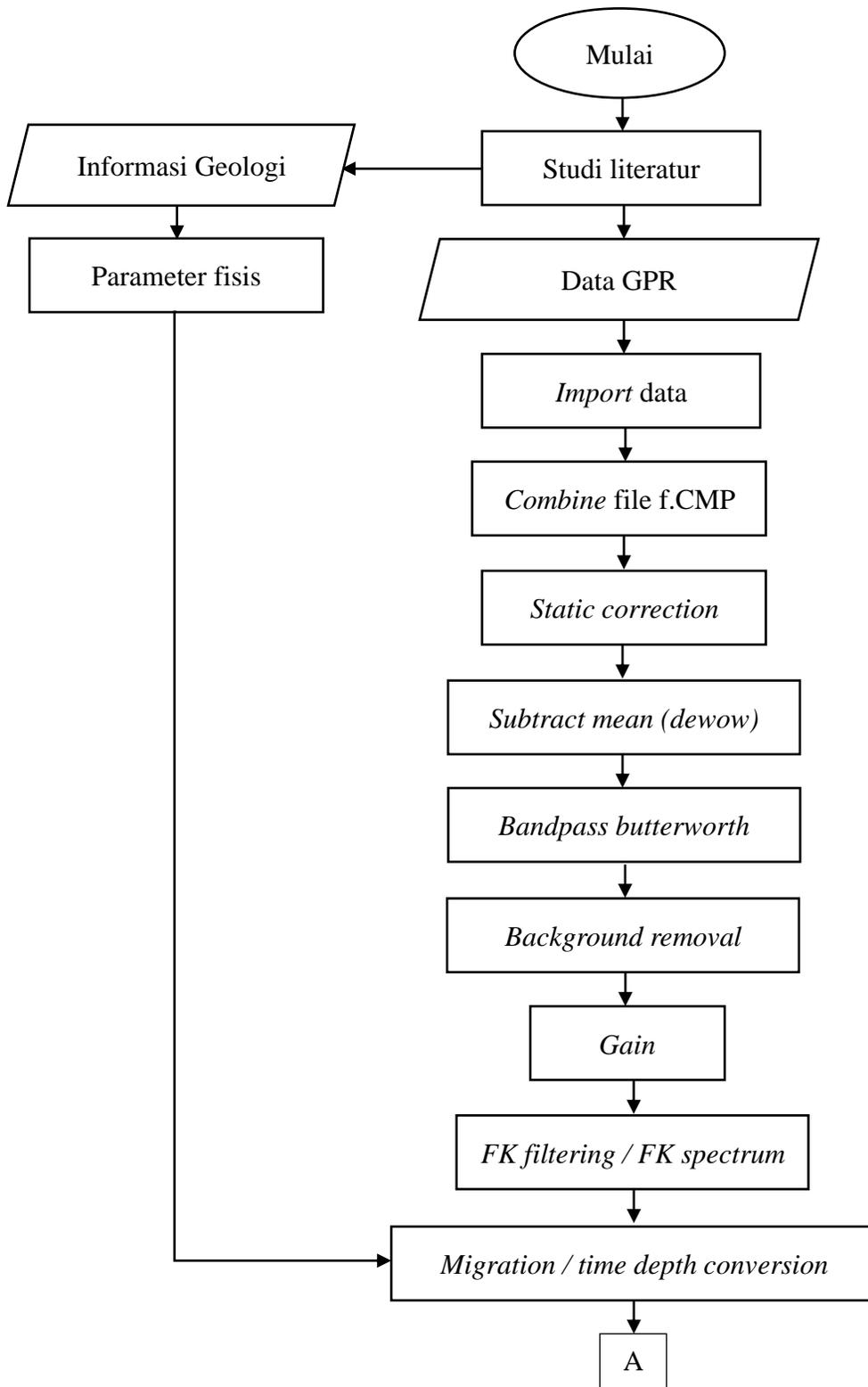
Gambar 36. (a) Tampilan sebelum *time depth conversion* (b) Tampilan sesudah *time depth conversion*

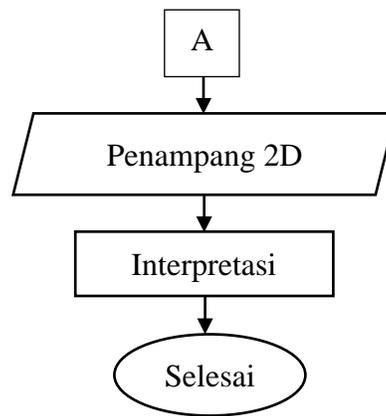
3. Interpretasi

Setelah dilakukan pengolahan pada data GPR, kemudian dilakukan interpretasi data. Interpretasi dilakukan untuk mengetahui informasi yang terkandung pada data-data yang telah diperoleh dari akuisisi dan telah dilakukan pengolahan. Pada metode GPR hasil pengolahan data ditampilkan dalam bentuk radargram. Tiap-tiap refleksi yang terekam pada radargram menggambarkan kondisi lapisan bawah permukaan dari daerah penelitian. Adanya variasi jenis tanah atau batuan, lapisan yang terjadi diskontinuitas, rongga ataupun kurang terkonsolidasinya per lapisan tanah dapat tampak pada citra georadar. Pada proses interpretasi adanya beberapa faktor fisis objek dapat diklasifikasikan dengan adanya variasi jenis batuan dan struktur diindikasikan dengan adanya perbedaan nilai amplitudo atau perbedaan skala warna yang ditimbulkan akibat sinyal yang terpantul. Jenis material dapat ditentukan berdasarkan nilai konstanta dielektrik dan kecepatan gelombang yang berbeda pada tiap material penyusun bawah permukaan. Hasil radargram yang ditampilkan sebagai fungsi *two-way travel time* akan menunjukkan kedalaman dan ketebalan per lapisan di bawah permukaan daerah penelitian (Ramadhani, 2022).

4.5 Diagram alir

Adapun diagram alir dalam penelitian ini terdapat pada Gambar 38 berikut:





Gambar 37. Diagram alir penelitian

VI. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Interpretasi hasil pengolahan lintasan georadar yang terdapat di Sungai Way Seputih – Muara Cabang diperkirakan terdapat 4 lapisan yang terdiri dari Air, Lempung berpasir, Pasir, dan Pasir lanau. Lapisan tersebut dapat dibedakan dari bentuk gelombang pada radargram dan amplitudo. Ketebalan lapisan tersebut dapat mempengaruhi dalam proses sedimentasi yang terjadi pada sungai.
2. Pada lintasan 1 terdapat 4 lapisan yang terdiri dari air dengan kedalaman 0 – 3 m dengan ketebalan air 3 meter, lapisan kedua terdapat Lempung berpasir dari kedalaman 4 – 14 m dengan ketebalan Lempung 10 m, lapisan ketiga terdapat Pasir dari kedalaman 13 – 23 m dengan ketebalan pasir 10 m, dan lapisan terakhir terdapat Pasir lanau dari ketebalan 23 – 30 m dengan ketebalan pasir lanau sekitar 7 m. Pada lintasan 2 juga terdapat 4 lapisan yang terdiri dari Air dari kedalaman 0 – 1,5 m dengan ketebalan air sekitar 1,5 m, lapisan kedua terdapat lempung dari kedalaman 2 – 4 m dengan ketebalan lempung 2 m, lapisan ketiga terdapat pasir dari kedalaman 4 – 12 m dengan ketebalan pasir sekitar 8 m, dan lapisan terakhir terdapat pasir lanau dari kedalaman 10 – 30 m dengan ketebalan pasir lanau 20 m.

6.2 Saran

Untuk hasil yang lebih baik lagi disarankan menggunakan frekuensi yang lebih tinggi agar dapat mengetahui lapisan bawah permukaan secara lebih rinci. Perlu diperhatikan lagi dalam pengambilan data georadar di wilayah perairan agar mendapatkan hasil yang maksimal. Perihal processing agar didapatkan visual yang maksimal diharapkan jika menggunakan program lain serta menggunakan proses proses yang berbeda agar didapatkan visual yang maksimal dan menunjukkan keakuratan target yang dicari.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R. L. (1979). Studies In Fluvial Sedimentation: An Elementary Geometric Model for The Connectedness of Avulsion-Related Channel Sand Bodies. *Sedimentary Geology*. 24(1): 253-267.
- Amran dan Syafi'i. (2020). "Pengaruh Pengendalian Internal Dan Pemanfaatan Teknologi Informasi Terhadap Kinerja Instansi Pemerintah: Pada Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Palopo." *Jurnal Akuntansi STIE Muhammadiyah Palopo* 5 (1): 1–19. <https://doi.org/10.35906/ja001.v5i1.527>.
- Arcone, S. A. (1991). Dielectric constant and layer-thickness interpretation of helicopter-borne short-pulse radar waveforms reflected from wet and dry river-ice sheets. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 29(5), 768-777.
- Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG). (2024) *Data Curah Hujan 10 Tahun Terakhir 2014-2023*, <https://www.bmkg.go.id/> [diakses 10 Februari 2024].
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Nama beberapa Sungai dan Panjang Sungai menurut Kecamatan di Kabupaten Lampung Tengah*. Lampung.
- Badan Pemerintah Daerah Kabupaten Lampung Tengah. (2024). *Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Lampung Tengah Tahun 2025-2045*. BAPPEDDA., Lampung Tengah.
- Benedetto, A. , Tosti, T., Ciampoli, L.B., dan D'Amico, F. (2017). An Overview of Ground-Penetrating Radar Signal Processing Techniques for Road Inspections. *Signal Processing*. 132: 201-209.
- Budiono, K., Handoko, dan Hermawan, U. (2010). Penafsiran Struktur Geologi Bawah Permukaan di Kawasan Semburan Lumpur Sidoarjo, Berdasarkan

- Rasimeng, S., Madang, I., dan Suharno. (2019). Identification of Eroded Sediment Layer Thickness and Depth of Mahakam River at Tenggarong Bridge Area, Kutai Kartanegara East Kalimantan Using Ground Penetrating Radar Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 279 (1): 1-11.
- Reynolds, J. M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics 2nd Edition*. West Sussex:Wiley Blackwell.
- Ramadhani, S., P. (2022). Penyelidikan Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) Untuk Pembangunan Pltmg Baloi Kota Batam. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Syahril. (2007). Studi Rekahan Pada Terowongan Kereta Api Dengan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) (Studi Kasus di Daerah Sasaksaat) Padalarang Jawa Barat. *Jurnal Geliga Sains*. 1 (2): 36 – 44.
- Syukur, A. (2009). Pemetaan Batuan Dasar Sungai menggunakan Metode Ground Penetrating Radar. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Triadmodjo dan Bambang. 2003. *Hidrolika*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Venkateswarlu , B. dan Tewari, V. C. (2014). Geotechnical Applications of Ground Penetrating Radar (GPR). *Journal Indian Geological Congress*. 6(1): 35-46.
- Wang, D., dan Ling, Y. (2016). Phase Shift and Phase Filtering Based Surface Wave Suppression Method. *Applied Geophysics*. 13(4): 614-620.
- Wiyono, H., A. (2016). Identifikasi Lapisan Aluvial Dan Lempung Di Danau Saguling, Kabupaten Bandung Barat Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR). *Skripsi*. Universitas Lampung.

- Penampang Ground Penetrating Radar (GPR). *Jurnal Geologi Indonesia*. 5 (3): 187-195.
- Burhan, G., Gunawan, W., dan Noya, Y. (1993) *Peta Geologi Lembar Menggala, Sumatera*. Bandung: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Davis, J. L. dan Annan, A.P. (1989). Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting*. 37 (5): 531–551.
- Edward, M.Z. (2012). Pengelolaan (manajemen) sumberdaya air sungai Kabupaten Lampung Tengah yang memiliki nilai koefisien regim sungai (KRS) yang besar. *Jurnal Tapak*. 1(1): 56-68.
- Firdaus, M. A., Widodo, & Fatkhan. (2021). River sedimentation modeling using ground-penetrating radar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 873(1), 0–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/873/1/012041>
- Griffith, D. J. (1999). *Introduction to Electrodynamics*. New Jersey: Prentice Hall.
- Haryani, E. (2016). *Persepsi Remaja Tentang Pertambangan Pasir Ilegal Dalam Perspektif Pelestarian Lingkungan Hidup* (Doctoral dissertation, Lampung University).
- Jol, H. M. (2008). *Ground Penetrating Radar Theory and Applications*. Oxford: Elsevier Science.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration 3rd Edition*. United State of America: Blackwell Science Ltd.
- Kusdian, R. Didin. 2011. Potensi Revitalisasi Transportasi Sungai Di Provinsi Lampung. *Jurnal Transportasi Vol II*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sangga Buana YPKP. Bandung
- Mussett, A. E., & Khan, M. A. (2000). *Looking into the earth: an introduction to geological geophysics*. Cambridge University Press.
- Powers, C.J., Haeni, F. P., dan Smith, S. (1999). Integrated Use of Continuous Seismic-Reflection Profiling and Ground Penetrating Radar Methods at John's Pond, Cape Cod, Massachusetts. *The Symposium on The Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*. Oakland: 14-18 Maret 1999.
- Primayuda dan Aris. (2006). *Pemetaan Daerah Rawan dan Resiko Banjir Menggunakan Sistem Informasi Geografis*, Institut Pertanian Bogor, Bogor