



TUGAS AKHIR - RF 141501

**PENERAPAN KOREKSI STATIK REFRAKSI TOMOGRAFI
SEISMIC 2D AREA VULKANIK**

GILANG WIRANDA
NRP. 3714100060

Dosen Pembimbing
Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001
Firman Syaifuddin, S.Si, M.T.
NIP. 19840911 201404 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



UNDERGRADUATE THESIS - RF 141501

***APPLICATION OF TOMOGRAPHY REFRACTION STATIC
CORRECTION ON 2D SEISMIC VOLCANIC AREA***

GILANG WIRANDA
NRP. 3714100060

Supervisors

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001
Firman Syaifuddin, S.Si, M.T.
NIP. 19840911 201404 1 001

*GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PENERAPAN KOREKSI STATIK REFRAKSI TOMOGRAFI SEISMIC 2D AREA VULKANIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 24 Juli 2018

Menyetujui,



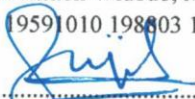
1. Dr. Widya Utama, DEA (Pembimbing I)
NIP. 19611024 198803 1 001



2. Firman Syaifuddin, S.Si., M.T. (Pembimbing II)
NIP. 19840911 201404 1 001



3. Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si. (Penguji I)
NIP. 19591010 198803 1 002



4. M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T. (Penguji II)
NIP. 19800916 200912 1 002

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Petrofisika
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Wien Lestari, S.T., M.T.

NIP. 19811002 201212 2 003



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PENERAPAN KOREKSI STATIK REFRAKSI TOMOGRAFI SEISMIK 2D AREA VULKANIK

Nama : Gilang Wiranda
NRP : 0341144000060
Departmen : Teknik Geofisika
Pembimbing : Widya Utama ,DEA
Firman Syaifuddin S.Si, MT

ABSTRAK

Akuisisi data seismik pada area dengan geologi vulkanik umumnya memiliki permasalahan, salah satunya adalah ditemukannya heterogenitas *Velocity* yang tinggi secara lateral maupun vertikal. Hal tersebut menyebabkan suatu gangguan di mana pola kemenerusan reflektor pada data rekaman seismik mengalami undulasi yang mengurangi kualitas data. Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat diterapkan koreksi statik seismik dengan menggunakan inversi *traveltime tomography*, sebuah metode inversi tomografi refraksi seismik. Kemampuan metode inversi *traveltime tomography* untuk memetakan geologi dekat permukaan yang kompleks dinilai sesuai untuk mengatasi masalah tingginya heterogenitas *Velocity*. Pada penelitian ini, dilakukan pengolahan data seismik 2D dengan studi kasus data di area vulkanik Majalengka. Pengolahan data seismik dilakukan hingga tahapan *Velocity stack*, di mana dilakukan perbandingan antara data seismik dengan koreksi statik hasil inversi linier dan data seismik dengan koreksi statik *traveltime tomography*. Untuk mendapatkan model *Velocity* hasil *traveltime tomography* yang akurat dengan realita, diperlukan input *first arrival time* yang sesuai. Pengolahan data seismik dilanjutkan dengan melakukan *Velocity Analysis* pada ketiga penampang seismik, dan stack. Setelah analisa *Velocity* dilakukan pada ketiga variasi, diamati perbandingan *semblance* dan kemenerusan reflektor hasil *stack*. Dari pengamatan *semblance* yang dilakukan, terutama pada pengamatan di CMP 2575, isolasi pada *amplitude* lebih terlihat pada data seismik yang telah diterapkan koreksi statik *traveltime tomography*. Pengamatan kemenerusan reflektor seismik didapatkan yang paling terlihat berada di kedalaman 1500ms hasil koreksi statik *traveltime tomography*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan koreksi statik menggunakan *traveltime tomography* meningkatkan kualitas hasil penampang seismik dalam kasus geologi vulkanik dengan heterogenitas *Velocity* pada permukaan.

Kata kunci: majalengka, seismik refleksi vulkanik, *traveltime tomography*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

APPLICATION OF TOMOGRAPHY REFRACTION STATIC CORRECTION 2D SEISMIC ON VOLCANIC AREA

Name : Gilang Wiranda
NRP : 0341144000060
Department : Geophysical Engineering
Supervisor : Widya Utama ,DEA
Firman Syaifuddin S.Si, MT

ABSTRACT

Seismic data acquisition on an area with volcanic geology commonly have problems, one of them is the existence of heterogenous rock Velocity on horizontal or vertical manner. That condition causes disturbance where seismic reflector continuity on the recorded data have some zigzaging which reduce the data quality. To overcome the problem, static corrections can be applied on the data using travelttime tomography inversion, a refraction tomography inversion method. The ability of travelttime tomography inversion method to image the complex near surface geology considered appropriate for solving the highly heterogenous Velocity problem. In this research, seismic 2D processing is done with data study case on a vulcanic geology area in Majalengka. The seismic data procesing is done to the step of Velocity stack, where analysis of the data quality is done by a comparison of seismic data with linear inversion static correction and seismic data with travelttime tomography inversion static correction. To get the Velocity model from the travelttime tomography that is accurate with real geology, a good first arrival input data have to be appropriate. The processing of seismic data then continued by doing Velocity Analysis followed by data moveout and stack on three variation of seismic data that is: without static, with GLI static, and with travelttime tomography static correction. After doing Velocity Analysis on the three variations, semblance and reflector continuity from stack is observed. From the analysis of semblance that is done on CMP 2575, semblance amplitude isolation are better shown on the seismic data which applied static correction with travelttime tomography inversion. The seismic reflector continuity analysis shown the best on the seismic data which using travelttime tomography static correction, observed on depth of 1500ms. This research shown that the application on static correction using travelttime tomography increase the quality of seismic image result on the case of vulcanic geology that suffers heterogenous near surface Velocity.

Keywords: *Majalengka, reflection seismic vulcanic, travelttime tomography*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “PENERAPAN KOREKSI STATIK REFRAKSI TOMOGRAFI SEISMIK 2D AREA VULKANIK” adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 31 Juli 2018

Gilang Wiranda
NRP: 0341144000060

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih-Nya, dapat terselesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**PENERAPAN KOREKSI STATIK REFRAKSI TOMOGRAFI SEISMIK 2D AREA VULKANIK**”. Bukan karena kekuatan saya sendiri saya dapat menyelesaikan, melainkan melalui dukungan dari berbagai pihak. Tidak lupa saya berterimakasih kepada:

1. Seluruh staff dan karyawan kantor di PT Pertamina UTC terutama di unit *processing*.
2. Teman-teman mahasiswa angkatan 2014,2013,dan 2015 Departemen Teknik Geofisika ITS
3. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geofisika ITS
4. Pembimbing 1 Bapak Widya Utama dan Pembimbing 2 Bapak Firman Syaifuddin.
5. Papa, Mama, dan Dinda, serta Maria.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil penelitian tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran bersifat membangun, sehingga dapat sempurna dan membawa manfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Surabaya, 31 Juli 2018

Gilang Wiranda
NRP. 0341144000060

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat.....	2
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Penelitian yang Pernah Dilakukan	3
2.2 Metode Seismik Refleksi dan Refraksi	3
2.3 Akuisisi Seismik Menggunakan <i>Vibroseis</i>	4
2.4 Pengolahan Data Seismik 2D	5
2.4.1 Akuisisi Lapangan	5
2.4.2 Format Data Seismik	5
2.4.3 Mute dan Editing	5
2.4.4 Koreksi <i>Gain Amplitude</i>	6
2.4.5 Dekonvolusi	6
2.4.6 Filter Frekuensi.....	7
2.4.7 Analisa <i>Velocity</i> dan <i>Normal Move Out</i>	7
2.4.8 Stack	9
2.4.9 Migrasi	9
2.5 Koreksi Statik	10
2.6 Koreksi Statik Refraksi Menggunakan Inversi Linier	12
2.7 Koreksi Statik menggunakan Refraksi <i>Traveltime Tomography</i>	13
2.8 Kecepatan Gelombang Seismik Pada Batuan.....	14
2.9 Geologi Area Penelitian	15
2.9.1. Fisiografi Jawa Barat	15
2.9.2. Geologi Area Majalengka	16
2.9.3. Stratigrafi Area Penelitian.....	16
2.9.4. Peta Area Penelitian.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu.....	19
3.2 Sarana Penunjang.....	19

3.3	Area Data	20
3.4	Timeline Pengerjaan	21
3.5	Langkah Kerja	21
3.5.1.	Pengecekan Geometri	21
3.5.2.	Picking First Arrival	21
3.5.3.	Pemotongan Data Buruk dan Model Awal	22
3.5.4.	Inversi	22
3.5.5.	Perhitungan Statik	22
3.5.6.	Pengolahan Data Seismik 2D 3 Variasi Data	22
3.5.7.	Koreksi Gain dan Atenuasi Noise	22
3.5.8.	Velocity Analysis dan Analisa <i>Semblance</i>	23
3.5.9.	Movout & Stack	24
3.5.10.	Analisa Stack	24
3.6	Alur Kerja	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Analisa Informasi Geologi dan Data Seismik	27
4.1.1	Geologi Area	27
4.1.2	Geometri Pengukuran	28
4.1.3	Analisa Data Seismik 2D Line 01 Majalengka	30
4.2	Pengolahan Data Seismik Refraksi Tomografi	31
4.2.1	First break Picking	31
4.2.2	Pembuatan Model Awal	34
4.2.3	Inversi Tomografi Menggunakan <i>GLI2D</i> dan <i>Traveltime Tomography</i>	34
4.2.4	Hasil Perhitungan Statik	37
4.3	Pengolahan Data Seismik Refleksi	38
4.3.1	Analisa Geometri	38
4.3.2	Penerapan Statik ke Data	38
4.3.3	Analisa <i>Velocity</i>	39
4.3.4	Analisa <i>Semblance</i> pada Variasi Pengolahan	40
4.3.5	Analisa Kenampakan Kemenerusan Reflektor	41
4.4	Interpretasi Singkat	43
4.5	Pembahasan Akhir	43
BAB V	.....	45
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	.....	47
PROFIL PENULIS	.....	49
LAMPIRAN	.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi fenomena refleksi (a) dan refraksi (b)(Milsom dan Eriksen, 2011)	4
Gambar 2.2 Operasional vibroseis dan spektrum frekuensinya. (Bagaini, 2010)	5
Gambar 2.3 Interpreter lebih memilih penampilan data seismik yang tajam, dan sudah terdetaillan hasil dari konvolusi (kanan) dibandingkan penampang seismik yang belum dilakukan dekonvolusi (kiri)(Yilmaz, 2001).....	7
Gambar 2.4 Penampang seismik tanpa <i>Low Pass Filter</i> (kiri) dan penampang seismik dengan <i>Low Pass Filter</i> (kanan).....	7
Gambar 2.5 <i>Picking Velocity</i> menggunakan perangkat lunak pengolahan data seismik.	8
Gambar 2.6 Koreksi NMO: (a) Belum dikoreksi (b) Kecepatan yang sesuai (c) Kecepatan yang lebih rendah (d) Kecepatan yang lebih tinggi	8
Gambar 2.7 Stacking CMP menghasilkan trace dengan amplitude lebih besar .	9
Gambar 2.8 Migrasi memindahkan posisi reflektor dari C'D'D' ke CD.....	10
Gambar 2.9 Migrasi Kirchhoff memperbaiki efek difraksi dari data seismik <i>stacked</i> . Sebelum(a) dan sesudah (b).....	10
Gambar 2.10 Sinar gelombang ideal (kiri) Sinar gelombang dipengaruhi oleh statik (tengah & kanan).....	11
Gambar 2.11 Efek statik dari lapisan low- <i>Velocity</i> di bagian <i>near surface</i> . Karena itu dibutuhkan koreksi statik.....	11
Gambar 2.12 Flowchart dari metode GLI. Penerapan penyelesaian masalah yang bersifat iteratif untuk mendapatkan nilai final yang terbaik.....	12
Gambar 2.13 Model Refraksi Linear(Sheehan dkk., 1999).....	13
Gambar 2.14 Proses inversi seismik menggunakan sistem tomografi refraksi dengan <i>raypath</i> . (Sheehan, et al., 2005)	13
Gambar 2.15 Contoh model <i>Velocity</i> hasil tomografi <i>traveltime</i>	14
Gambar 2.17 Geologi sekitar area penelitian, Kabupaten Majalengka	18
Gambar 3.2 Timeline pengerjaan tugas akhir	21
Gambar 3.3 Flow secara umum pada penerapan atenuasi <i>noise</i> data seismik..	23
Gambar 3.4 Diagram Alur Kerja Pengolahan Tugas Akhir ... Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4.1 Lokasi line seismik pada peta menggunakan GIS dengan <i>overlay</i> geologinya. ((P3G), 2015)	27
Gambar 4.2 Geometri pengukuran akuisisi seismik, biru adalah <i>receiver</i> dan merah adalah <i>source</i>	28
Gambar 4.3 Analisa <i>fold coverage</i> pada data seismik.....	29
Gambar 4.4 Penampang Shot Gather Seismik pada lokasi shot sebelah timur	30
Gambar 4.5 Penampang Shot Gather Seismik pada shot sebelah barat	31

Gambar 4.6 <i>first break picking</i> pada data seismik posisi titik shot gather di timur (atas), tengah (tengah), dan barat (bawah).....	32
Gambar 4.7 Menghilangkan titik-titik <i>pick</i> yang buruk. Menggunakan <i>tool</i> berupa <i>bad pick removal</i>	33
Gambar 4.8 Nilai <i>reciprocal error</i> pada hasil <i>pickingan</i> data seismik.....	33
Gambar 4.9 Model awal penampang dekat permukaan untuk dilakukan inversi tomografi.	34
Gambar 4.10 Grafik RMS Misfit pada Inversi <i>Traveltime Tomography</i>	34
Gambar 4.11 Grafik RMS Misfit pada Inversi GLI	35
Gambar 4.12 Penampang <i>Velocity near surface</i> hasil inversi GLI	35
Gambar 4.13 Penampang <i>Velocity</i> seismik hasil inversi tomografi <i>traveltime</i>	36
Gambar 4.14 Pola penjalaran sinar dari perhitungan inversi <i>traveltime tomography</i>	36
Gambar 4.15 Hasil koreksi statik dari inversi. Koreksi statik menggunakan ...	37
Gambar 4.16 Penampang koordinat shot(merah) dan receiver(kuning) dari akuisi seismik di line yang diteliti.....	38
Gambar 4.17 <i>Semblance picking</i> pada data analisa <i>Velocity</i> seismik gather CMP	39
Gambar 4.18 Perbandingan <i>semblance</i> antara 3 data seismik pada CMP 2575 dengan kondisi: tanpa koreksi statik (kiri), dengan koreksi statik GLI (tengah), dan koreksi statik tomografi (kanan).....	40
Gambar 4.19 Penerapan koreksi statik pada data seismik yang telah dilakukan <i>Velocity Analysis</i> dan dilakukan <i>stacking</i> . Kiri merupakan data tanpa koreksi statik, tengah merupakan data dengan koreksi statik GLI, dan kanan merupakan data dengan koreksi statik <i>Traveltime</i>	41
Gambar 4.20 <i>Quality Control</i> lanjutan menggunakan penerapan koreksi statik residual dari <i>moveout</i> trace-trace seismik hasil velan.(1) tanpa koreksi statik (2) dengan koreksi statik hasil GLI (3) dengan koreksi statik hasil Tomo.	42
Gambar 4.21 Analisa peta geologi bersama dengan hasil <i>stack</i> seismik.	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan Gelombang Seismik pada Beberapa Medium	14
Tabel 2.2 Sedimen Stratigrafi Cekungan Bogor(Djuri, 1973).....	16
Tabel 2.3 Penjelasan Geologi	18
Tabel 3.1 Periode, Lama, dan Lokasi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	19
Tabel 3.2 Data dan Peralatan Penunjang Tugas Akhir.....	19
Tabel 4.1 Konfigurasi pengukuran.....	28

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode seismik mengalami perkembangan yang besar dari sejak awal digunakannya tahun 1914 (Meunier, 2011). Seiring waktu, Kemampuan instrumen geofon, sumber getar, hingga komputer dan software pengolah data selalu meningkat sehingga pemetaan seismik di skala eksplorasi hidrokarbon yang sangat dalam pun dapat terwujud. Perkembangan dunia komputasi yang pesat membuat proses pengolahan semakin efisien dan efektif dalam mendapatkan penampang seismik yang baik. Karena itu penelitian di pengolahan seismik diperlukan agar keunggulan di teknologi komputasi dapat dimanfaatkan dengan baik.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengolahan data seismik *vibro seis* yang diakuisisi pada daerah Kabupaten Majalengka. Area yang dilakukan akuisisi seismik merupakan area dengan keberadaan geologi vulkanik. Metode seismik konvensional masih dinilai kurang optimal dalam menggambarkan bawah permukaan pada daerah dengan geologi vulkanik (Bagus dkk., 2016). Adanya geologi vulkanik membuat heterogenitas *Velocity* secara lateral maupun vertikal, hal tersebut mengakibatkan gangguan undulasi pada waktu terima energi seismik pada geofon. Untuk itu, dilakukan penelitian dalam pengolahan data seismik pada daerah vulkanik majalengka dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu tahap pada pengolahan seismik yang dapat mengatasi anomali *Velocity* pada bagian dekat permukaan adalah koreksi statik (Ghazalli dkk., 2016).

Penelitian ini menganalisa pengaruh penerapan metode koreksi statik yang menggunakan refraksi inversi *Traveltime Tomography*. Secara teori kondisi geologi yang memiliki banyak anomali *Velocity* secara lateral dan vertikal akan dapat dipetakan secara baik menggunakan metode *Traveltime Tomography*, karena metode tersebut dinilai dapat merepresentasikan penampang *Velocity* lebih detail berdasarkan riset dari (Sheehan dkk., 1999). Menggunakan koreksi statik dengan tomografi refraksi akan menghasilkan data seismik yang lebih terlihat amplitude kemenerusan reflektornya.

1.2 Perumusan Masalah

- a) Apakah koreksi statik refraksi *traveltime tomography* memberikan penampang seismik *stack* yang lebih jelas?
- b) Bagaimana cara mendapatkan input parameter koreksi statik refraksi *traveltime tomography* untuk menghasilkan penampang seismik yang baik?

1.3 Batasan Masalah

- a) Data yang digunakan merupakan data Seismik 2D Darat.
- b) Daerah penelitian yang digunakan adalah area vulkanik majalengka.
- c) Metode yang ditekankan dan dibandingkan adalah koreksi statik refraksi menggunakan inversi GLI dan *Traveltime Tomography*.
- d) Definisi penampang seismik yang baik dinilai secara kualitatif berdasarkan kenampakan reflektor pada penampang *stack* dan isolasi *amplitude* pada *semblance*.

1.4 Tujuan

- a) Memahami pengaruh dari koreksi statik refraksi menggunakan *traveltime tomography* dan *Generalized Linear Inversion* terhadap hasil pengolahan data seismik,
- b) Mendapatkan parameter koreksi statik yang menghasilkan penampang seismik yang baik.

1.5 Manfaat

Penelitian ini akan memberikan gambaran yang lebih baik akan *sub-surface* dari daerah Manfaat lain dari penelitian ini adalah memberikan suatu pemahaman akan pengaruh dari metode koreksi statik terhadap hasil pengolahan data seismik. Pengaruh dari input parameter koreksi statik juga dapat diamati untuk dijadikan suatu pertimbangan bagi pengolahan seismik kedepannya agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Berikut ini adalah penjelasan tiap BAB dari laporan akhir:

- BAB I Pendahuluan: berisi latar belakang, perumusan masalah beserta batasan masalah, tujuan dan manfaat dalam penelitian yang telah dilakukan.
- BAB II Tinjauan Pustaka: berisi tentang teori seismik dan koreksi statik dan informasi geologi yang dibutuhkan dalam penelitian.
- BAB III Metode Penelitian: Berisi diagram alir teknik pengerjaan, peralatan yang dibutuhkan dan lokasi akuisisi data.
- BAB IV Hasil dan Pembahasan: Berisi tentang hasil dari pengolahan data dan pembahasannya.
- BAB V Penutup: Terdiri dari kesimpulan dan saran setelah penelitian terselesaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Penelitian tomografi pada kondisi geologi yang kompleks menggunakan *traveltime tomography* pernah dilakukan oleh (Sheehan dkk., 1999). Penggunaan algoritma *traveltime tomography* untuk memetakan *Velocity* gelombang pada batuan dinilai lebih tepat daripada algoritma lainnya dikarenakan lebih mampu menggambarkan kondisi batuan dengan *Velocity* yang heterogen secara lateral maupun vertikal. Dalam kasus penelitian tersebut, heterogenitas *Velocity* diakibatkan oleh rongga-rongga karst pada bawah bumi. (Sheehan dkk., 1999)

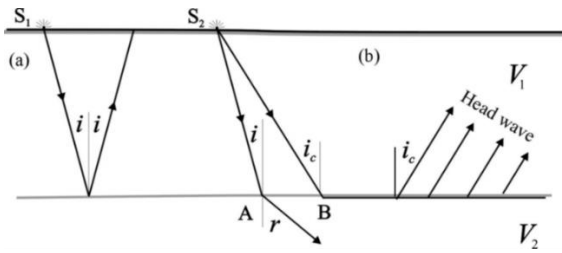
Penelitian tentang pengaruh dari lapisan vulkanik terhadap gelombang seismik telah dilakukan di penelitian (Ghazalli dkk., 2016). Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa energi seismik dengan frekuensi tinggi sulit melewati lapisan vulkanik keras akibat atenuasi. Penelitian juga menyimpulkan bahwa elevasi menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas data dikarenakan posisi shot dan receiver yang tidak sama pada seluruh lintasan. Diperlukan koreksi statik yang baik untuk meminimalisir efek tersebut.

Penelitian desain akuisisi seismik 2D darat untuk area vulkanik majalengka juga telah dilakukan oleh (Banuboro dkk., 2017) . Menggunakan metode dinamis dan statis, diamati konfigurasi mana yang paling baik dalam memetakan bawah permukaan dalam akuisisi seismik pada kondisi geologi di Majalengka. Pada penelitian tersebut didapatkan informasi formasi bawah permukaan pada area penelitian berupa formasi Cisubuh (0-880m), Cibulakan (880-1404m), Parigi (1404-1763m), dan Jatibarang (>1763 m).

2.2 Metode Seismik Refleksi dan Refraksi

Metode seismik merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan penjalaran gelombang seismik ke dalam permukaan tanah. Sumber gelombang bervariasi bisa seperti: Palu Gada, Dinamit, Beban Jatuh, Penggetar, *Air Gun*, dan lainnya. Penentuan metode penembakan gelombang tergantung pada target dan kedalaman dari penelitian seismik. Penelitian seismik di area yang luas dan menargetkan kedalaman yang jauh tentunya membutuhkan sumber yang lebih besar.

Gelombang seismik berasal dari suatu energi mekanik yang dihasilkan dari suatu sumber (*seismic source*). Gelombang tersebut dapat dipantulkan (refleksi) atau dibiarkan (refraksi) ke bawah permukaan bumi sehingga menjalar pada sepanjang perbedaan lapisan tanah atau batas-batas batuan dan pengukuran dilakukan dari hasil respon penjalaran gelombang seismik tersebut. Ketika gelombang seismik menjalar ke medium lain, maka sebagian energi akan dipantulkan dan sebagiannya lagi diteruskan dengan sudut yang berbeda (dibiarkan). Dalam refleksi sudut pantul sama dengan sudut insiden.



Gambar 2.1 Ilustrasi fenomena refleksi (a) dan refraksi (b)(Milsom dan Eriksen, 2011)

Hukum Snellius mendefinisikan hubungan antara sudut refraksi dan kecepatan gelombang seismik,

$$\frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{V_1}{V_2} \dots\dots\dots(1)$$

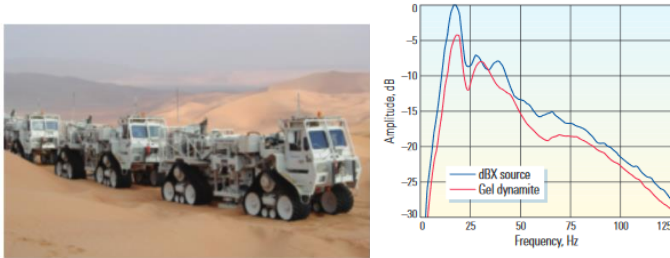
Jika V_2 lebih besar dari V_1 , refraksi akan mendekati bidang batas. Jika $\sin(i)$ sama dengan $\frac{V_1}{V_2}$ (sudut kritis i_c) maka gelombang direfraksikan sejajar dengan bidang perlapisan (*head wave*).

$$t_{refr} = \frac{2h \cos i_c}{v_1} + \frac{\Delta}{v_2} = t'_{refr} + \frac{\Delta}{v_2} \dots\dots\dots(2)$$

2.3 Akuisisi Seismik Menggunakan Vibroseis.

Akuisisi data seismik menggunakan vibroseis merupakan metode *source* seismik yang relatif baru dan masih berkembang. Alat vibroseis umumnya berupa suatu truk dengan mesin penggetar yang memproduksi getaran pada tanah dengan menempelkan pelat penggetar ke permukaan. Umumnya pada akuisisi seismik di darat, jenis sumber yang populer adalah peledak (biasanya menggunakan dinamit), namun pada perkembangan teknologi kini alat vibroseis semakin populer dalam menggantikan sumber seismik eksplosif. (Bagaini, 2010) Vibroseis memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sumber seismik eksplosif, diantaranya:

- a. Tidak diperlukannya pengeboran lubang untuk source.
- b. Lebih ramah lingkungan dan aman dibanding sumber eksplosif.
- c. Menggunakan *sweep*, pengendalian frekuensi sumber dapat dilakukan lebih baik.
- d. Rentang frekuensi yang lebih merata tingkat amplitudanya.



Gambar 2.2 Operasional vibroseis dan spektrum frekuensinya. (Bagaini, 2010)

Diamati pada contoh (Gambar 2.2) pada umumnya digunakan lebih dari satu untuk mendapatkan energi yang lebih baik (kiri). Tingkat energi pada rentang frekuensi yang lebar lebih baik daripada dinamit (kanan).

2.4 Pengolahan Data Seismik 2D

Pengolahan data seismik merupakan suatu tahap yang krusial untuk mendapatkan gambaran seismik yang baik dalam keseluruhan eksplorasi. Penelitian menggunakan acuan pengolahan seismik dasar dari referensi yang ada. Secara umum, pengolahan data seismik memiliki bagian-bagian sebagai berikut:

2.4.1 Akuisisi Lapangan

Akuisisi lapangan didesain sedemikian rupa agar memberikan suatu susunan *trace* yang mengandung sinar refleksi yang muncul seakan datang dari arah yang sama. Hal tersebut akan memberikan informasi untuk input nilai geometri, data yang nanti akan disusun dengan gather, midpoint, dan depthpointnya masing-masing. Format data seismik pada akuisisi lapangan biasa berupa SEG-D (Bagaini dkk., 2010).

2.4.2 Format Data Seismik

Data seismic direkam dalam bentuk pita magnetik dengan standar format tertentu. Standarisasi ini dilakukan oleh SEG (*Society of Exploration Geophysics*). *Magnetic tape* yang digunakan biasanya berformat SEG-A, SEG-B, SEG-C, SEG-D, dan SEG-Y. Format data terdiri dari *header* dan *amplitude*. Header berisi informasi mengenai survei, proyek dan parameter yang digunakan dan informasi mengenai data itu sendiri. (Yilmaz, 2001)

2.4.3 Mute dan Editing

Editing adalah proses untuk menghilangkan semua rekaman yang buruk, sedangkan *mute* adalah proses untuk menghilangkan sebagian rekaman yang diperkirakan sebagai sinyal gangguan seperti *ground roll*, *first break* dan lainnya yang dapat mengganggu. Penampang seismik yang telah dilakukan *first break*

picking umumnya dilakukan muting pada data seismik pada *time* sebelum kedatangan gelombang pertama (Bagaini dkk., 2010).

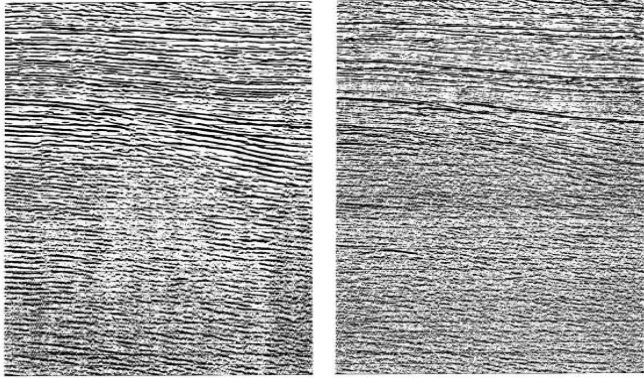
2.4.4 Koreksi Gain Amplitude

Energi seismik yang merambat pada batuan mengalami pengurangan seiring jarak dan waktu perambatan. Hal tersebut dapat dihasilkan dari banyak faktor. Salah satu faktornya adalah efek dari persebaran secara geometris. Suatu perekaman lapangan merepresentasikan suatu medan gelombang yang diciptakan oleh satu shot. Suatu shot sebagai titik sumber energi akan menghasilkan medan gelombang berbentuk bola. Pada medium homogen, pengurangan nilai energi berlangsung secara proporsional dengan $1/r^2$, dimana r merupakan radius dari muka gelombang. Amplitude gelombang proporsional dengan akar kuadrat densitas energi $1/r$. Karena itu dapat diterapkan koreksi menggunakan algoritma tersebut yang pada (Yilmaz, 2001)

Atenuasi gelombang juga dapat diakibatkan oleh akibat adanya penyerapan energi pada lapisan batuan yang kurang elastis. Untuk menghilangkan efek ini maka perlu dilakukan pemulihan kembali energi yang hilang sedemikian rupa sehingga pada setiap titik seolah-olah datang dengan jumlah energi yang sama. Proses ini dikenal dengan istilah *Automatic Gain Control* (AGC) sehingga nantinya menghasilkan kenampakan data seismik yang lebih mudah diinterpretasi. Akan tetapi penggunaan AGC hanya terbatas untuk penampilan pengecekan kualitas data seismik, karena AGC dapat merusak data seismik dengan mengubah perbandingan amplitude asli dari data. (Yilmaz, 2001)

2.4.5 Dekonvolusi

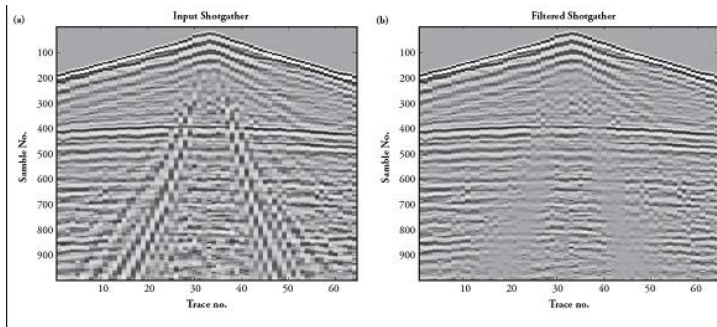
Dekonvolusi memisahkan wavelet dengan impedansi akustik yang sebelumnya ter-konvolusi menjadi rekaman gelombang seismik. Dekonvolusi secara idealnya mengkompres komponen wavelet dan menghilangkan *multiple*, sehingga hanya yang tersisa berupa reflektivitas bumi yang berbentuk *spike*. Di pengolahan pada penelitian, reflektivitas bumi yang berbentuk *spike* akan berguna untuk pengamatan visual karena kemenerusan reflektor dapat terlihat lebih tajam. (Yilmaz, 2001)



Gambar 2.3 Interpreter lebih memilih penampilan data seismik yang tajam, dan sudah terdetaikan hasil dari konvolusi (kanan) dibandingkan penampang seismik yang belum dilakukan dekonvolusi (kiri)(Yilmaz, 2001).

2.4.6 Filter Frekuensi

Filter frekuensi merupakan salahsatu upaya yang dilakukan untuk meredakan *noise* pada data seismik. *Band-pass* dan *Low pass* biasa digunakan untuk mengurangi noise akibat fenomena *ground roll* dan gangguan frekuensi rendah yang koheren. Filter tersebut menggunakan prinsip transformasi Fourier, dengan mengubah domain frekuensi menjadi domain amplitude, suatu rentang frekuensi dapat difilter untuk diturunkan amplitudanya(Yilmaz, 2001).

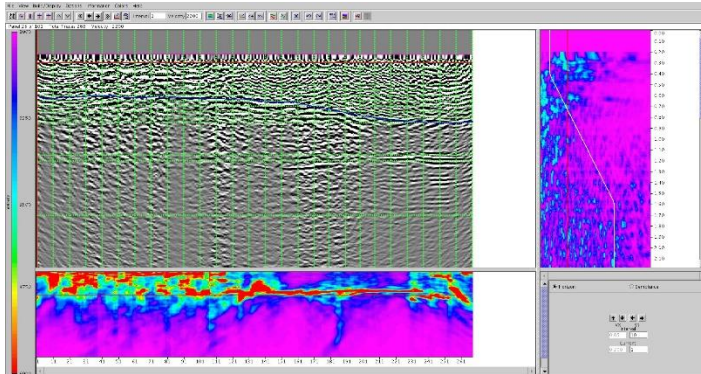


Gambar 2.4 Penampang seismik tanpa *Low Pass Filter*(kiri) dan penampang seismik dengan *Low Pass Filter* (kanan)

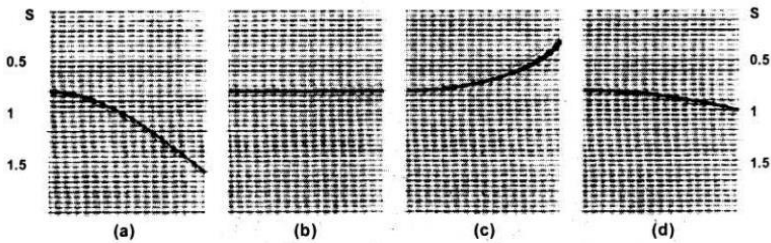
2.4.7 Analisa Velocity dan Normal Move Out

Tujuan dari analisis kecepatan adalah untuk menentukan kecepatan yang sesuai untuk memperoleh *stacking* yang terbaik. Pada grup *trace* dari suatu titik

pantul, sinyal refleksi yang dihasilkan akan mengikuti bentuk pola hiperbola. Prinsip dasar analisa kecepatan pada proses *stacking* adalah mencari persamaan hiperbola yang tepat sehingga memberikan *stack* yang maksimal. Analisa *Velocity* dapat dilakukan lebih dari 1 kali untuk mendapatkan kualitas *picking* yang semakin baik. Koreksi ini diterapkan untuk mengoreksi efek adanya jarak *offset* antara *shot point* dan *receiver* pada suatu *trace* yang berasal dari satu *Common Depth Point*). Pola *trace* gelombang yang tadinya seperti busur dikoreksi hingga menjadi rata. (Milsom & Eriksen, 2011)



Gambar 2.5 *Picking Velocity* menggunakan perangkat lunak pengolahan data seismik.



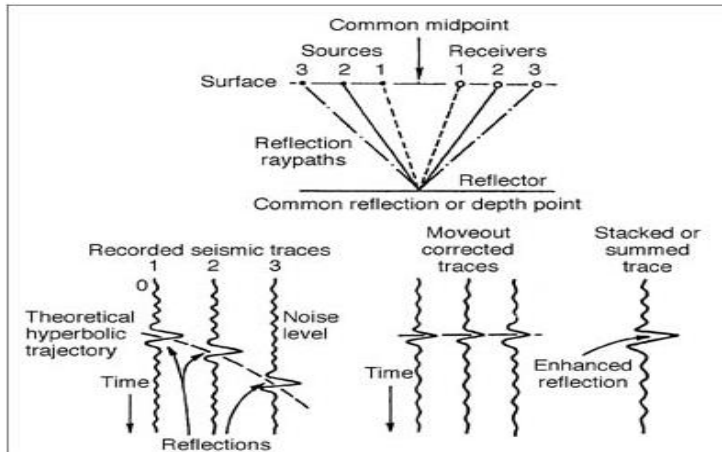
Gambar 2.6 Koreksi NMO: (a) Belum dikoreksi (b) Kecepatan yang sesuai (c) Kecepatan yang lebih rendah (d) Kecepatan yang lebih tinggi

Picking velocity dilakukan berdasarkan kenampakan *semblance* yang merepresentasikan spektrum amplitude untuk berbagai kemungkinan *velocity* pada kedalaman tertentu. Jika *velocity* benar, maka nilai amplitude akan tinggi dan mengindikasikan bahwa amplitude sudah ter-*moveout* dengan baik dimana

kemenerusan reflektor terpampang jelas dicontohkan pada (Gambar 2.5) dan(Gambar 2.6).

2.4.8 Stack

Stacking merupakan proses penjumlahan *trace* dalam satu *gather* data yang bertujuan untuk mempertinggi *signal to noise ratio (S/N)*. Proses ini biasanya dilakukan berdasarkan CDP yaitu *trace* yang terhubung pada satu CDP dan telah dikoreksi NMO kemudian dijumlahkan untuk mendapat satu *trace* yang tajam dan bebas noise inkoheren. Ukuran volume data juga akan diperkecil dengan *stacking* karena banyak data jejak seismik yang telah dijumlahkan menjadi suatu jejak seismik baru. Penerapan *stacking* akan meningkatkan rasio S/N, namun dapat menimbulkan suatu gangguan apabila terdapat jejak-jejak perekaman seismik yang tidak terolah dengan baik. (Öhman dkk., 2006)

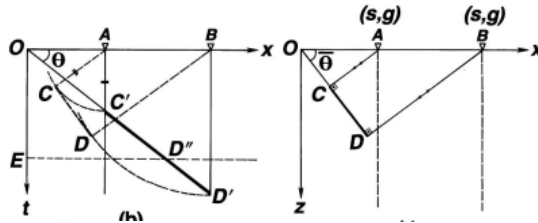


Gambar 2.7 Stacking CMP menghasilkan trace dengan amplitude lebih besar

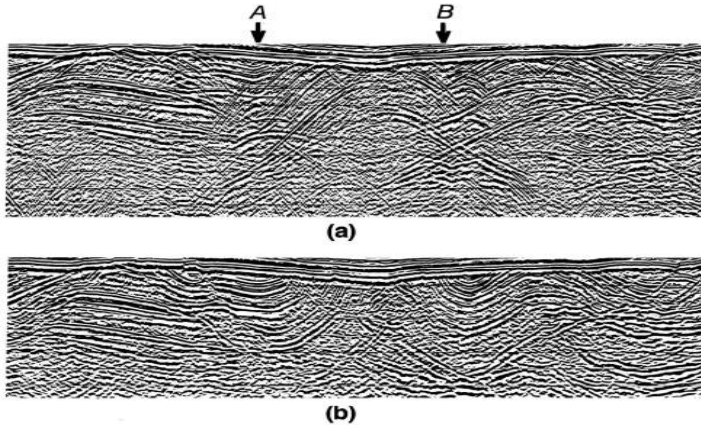
2.4.9 Migrasi

Migrasi adalah suatu proses untuk memindahkan kedudukan reflektor pada posisi dan waktu pantul yang sebenarnya berdasarkan lintasan gelombang. Hal ini disebabkan karena penampang seismik hasil *stack* belumlah mencerminkan kedudukan yang sebenarnya, karena rekaman *normal incident* belum tentu tegak lurus terhadap bidang reflektor yang miring. Selain itu, migrasi juga dapat menghilangkan pengaruh difraksi gelombang yang muncul akibat adanya struktur-struktur tertentu. Salah satu metode migrasi yang sering digunakan adalah *Kirchoff Time –Migration*. Metode migrasi *Kirchhoff* dapat secara akurat menggambarkan event-event curam atau *overturned* bersama dengan pembelokan sinar dan juga anisotropi juga dimasukkan ke dalam perhitungannya. Migrasi seismik akan menghilangkan efek difraksi dan *bowtie*

yang diakibatkan oleh cekungan, antiklin, atau diskontinuitas seperti patahan. (Yilmaz, 2001)



Gambar 2.8 Migrasi memindahkan posisi reflektor dari C'D''D' ke CD



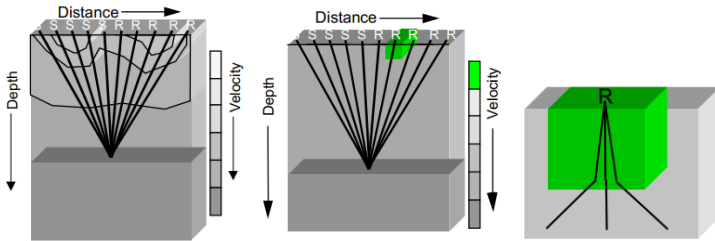
Gambar 2.9 Migrasi Kirchhoff memperbaiki efek difraksi dari data seismik *stacked*. Sebelum(a) dan sesudah (b)

Pada (Gambar 2.8) migrasi seismik memperbaiki bentukan reflektor seismik dip dengan memindahkan penampang reflektor tersebut ke posisi sebenarnya. Hal tersebut akan berpengaruh di (Gambar 2.9) dengan memperbaiki penampang seismik yang memiliki beberapa efek *bowtie* dan difraksi, penampang setelah migrasi memiliki kenampakan reflektor yang telah dibersihkan dari gangguan tersebut.

2.5 Koreksi Statik

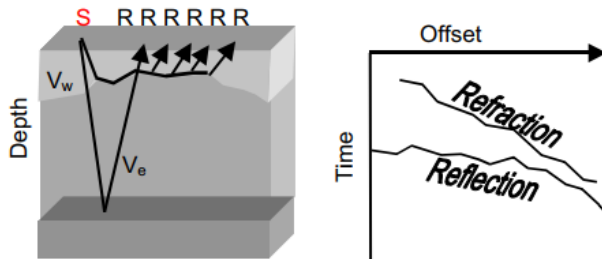
Koreksi statik pada pengolahan data seismik berguna untuk menghasilkan data *stack* yang lebih bersih dan baik. Fenomena statik pada geologi dekat permukaan membuat sedikit pergeseran waktu tempuh dari gelombang seismik yang diterima oleh *receiver*. Pergeseran waktu tersebut akan terlihat pada penampang *common-shot gather*. (Yilmaz, 2001)

Terdapat banyak variasi dari penyebab heterogenitas *Velocity* bawah permukaan yang dangkal. Pada kasus seismik di perairan dapat berupa *shallow gas*, pada Arctic dapat berupa *permafrost*, pada daratan dapat berupa efek dari erosi, pelapukan, gletser, dan pengaruh manusia. Pada kondisi dekat permukaan, dapat terjadi suatu faktor dari dua perubahan pada interval *Velocity* pada kedalaman 100 kaki atau secara lateral (Meunier, 2011). Semakin besar perbedaan *Velocity*, semakin besar juga efeknya pada data seismik. Efek dari data seismik bergantung pada skala lateral dari gangguan *Velocity* secara bersamaan dengan dengan offset jauh dari akuisisi.



Gambar 2.10 Sinar gelombang ideal (kiri) Sinar gelombang dipengaruhi oleh statik (tengah & kanan)

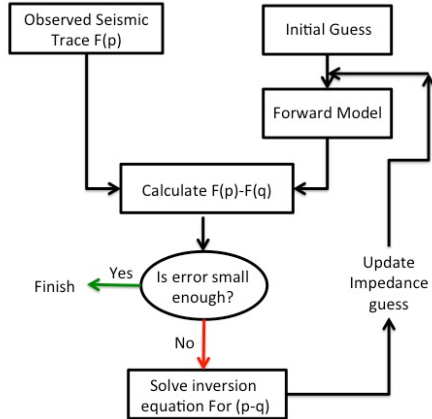
Dengan adanya efek statik, perubahan lateral pada velocity near surface menghasilkan sebuah pergeseran pada setiap trace yang dijumlahkan bersama untuk membuat *stacked trace*. Ketika telah dikoreksi NMO, trace seismik masih menunjukkan perubahan posisi yang random.



Gambar 2.11 Efek statik dari lapisan low-*Velocity* di bagian *near surface*. Karena itu dibutuhkan koreksi statik.

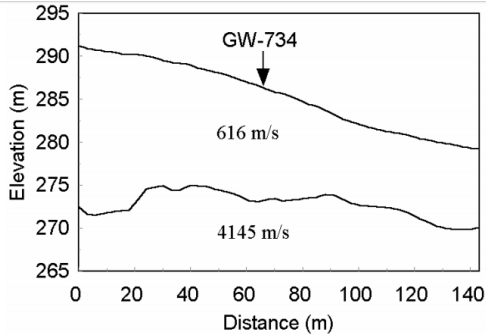
2.6 Koreksi Statik Refraksi Menggunakan Inversi Linier

Salahsatu metode linier untuk mendapatkan *velocity* yang akan digunakan untuk perhitungan koreksi statik di seismik adalah GLI (*Generalized Linear Inversion*). GLI merupakan metode perhitungan tomografi model *Velocity* yang digunakan untuk koreksi statik pada inversi seismik. Pada software pengolahan seismik, GLI menggunakan data *first break picking* untuk mendapatkan bentuk lapisan dengan *Velocity*nya masing-masing. GLI merupakan metode iteratif yang berbasis terhadap model awal *Velocity* seismik yang ditentukan oleh pengolah. (Hampson dan Russell, 1984)



Gambar 2.12 Flowchart dari metode GLI. Penerapan penyelesaian masalah yang bersifat iteratif untuk mendapatkan nilai final yang terbaik.

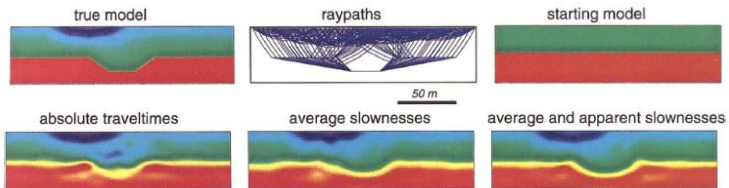
Koreksi statik refraksi GLI akan memberikan suatu model yang berbentuk seperti “kue lapis”, dimana rupa bawah permukaan dibagi-bagi menjadi beberapa lapisan dengan *Velocity* yang konstan yang mana ketebalan dan *velocities* bervariasi melewati permodelan kedepan yang interaktif dalam suatu upaya mensinkronkan kurva waktu tempuh gelombang yang berasal dari data lapangan (Sheehan dkk., 1999).



Gambar 2.13 Model Refraksi Linear (Sheehan dkk., 1999)

2.7 Koreksi Statik menggunakan Refraksi Traveltime Tomography

Menggunakan data traveltimes untuk menghitung inversi secara linier telah lama dilakukan. Akan tetapi, metode inversi linier yang konvensional tidak cukup akurat untuk kondisi geologi yang unik (tidak linier) karena menggunakan geometri dan media yang terlalu sederhana. Berbagai metode tomografi *traveltimes* telah diterapkan, menggunakan penjalaran gelombang dari dua titik dan menyelesaikan permasalahan *least square* ter-redam untuk kedua *Velocity* dan kedalaman refraktor. (Sheehan dkk., 1999)

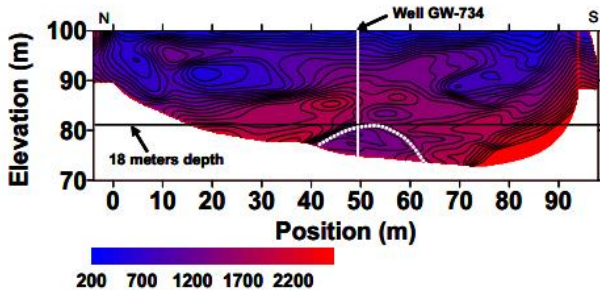


Gambar 2.14 Proses inversi seismik menggunakan sistem tomografi refraksi dengan *raypath*. (Sheehan, et al., 2005)

Metode yang cukup populer adalah *shortest path raytracing method* (SPR). Penjalaran sinar gelombang seismik dapat dilakukan dengan menghitung jalur *traveltimes* terdekat melalui “jaringan” yang mewakili bumi. Jaringan tersusun atas “simpul” (*nodes*), dan simpul tersebut saling terkoneksi berdasarkan suatu *template* grafis. Metode tersebut memiliki 3 tahap yaitu: (1) menentukan *timing* simpul sepanjang persebaran muka gelombang dari sumber asli dan sumber sekunder, (2) menemukan titik *traveltimes* sepanjang muka gelombang dan mengambil titik tersebut sebagai sebuah sumber sekunder, dan (3) meluaskan

muka gelombang dari titik waktu minimum tersebut. Ketiga langkah tersebut dilakukan berulang-ulang sampai seluruh model telah terhitung(Zhang dan Toksöz, 1998).

Pada software yang digunakan, tool memiliki algoritma *Seismic Refraction Tomography* (SRT), yang akan menghasilkan suatu model *Velocity* dekat permukaan. Hasil model *Velocity* dekat permukaan tersebut yang akan digunakan untuk memperkirakan fenomena statik yang terjadi pada penjalaran gelombang seismik. Koreksi Statik *Traveltime Tomography* berbeda dengan penggunaan refraksi dengan *Generalized Linear Inversion* (GLI) dikarenakan pada koreksi statik *Traveltime Tomography*, digunakan model berupa sejumlah banyak grid kecil berisi *constant Velocity* yang akan membentuk sel atau *nodes*. Inversi SRT dilakukan dengan suatu prosedur otomatis yang meliputi penjalaran sinar gelombang melewati model awal dan membandingkan waktu tempuh yang termodelkan dengan data lapangan, setelah itu menyesuaikan model grid demi grid hingga hasil penampang *traveltime* sesuai dengan data yang berada di lapangan(Sheehan dkk., 1999).



Gambar 2.15 Contoh model *Velocity* hasil tomografi *traveltime*. (Sheehan dkk., 1999)

2.8 Kecepatan Gelombang Seismik Pada Batuan

Pengolahan data seismik akan memprediksi kecepatan rambat gelombang pada batuan lapisan bumi untuk mendapatkan *normal moveout* pada *trace* yang ada. Pemahaman akan properti fisik seperti kecepatan rambat batuan akan memberikan prediksi *picking* yang lebih akurat karena pertimbangan pemilihan *Velocity* akan lebih cepat. Berikut adalah kecepatan rambat gelombang seismik pada beberapa jenis batuan:

Tabel 2.1 Kecepatan Gelombang Seismik pada Beberapa Medium

Tipe Formasi	Velocity P	Velocity S
Tanah, gembur	300-700	100-300
Pasir basah	400-1200	400-600
Pasir kering	1500-2000	100-500

shale dan clay tersaturasi	1100-2500	200-800
Marl	2000-3000	750-1500
Batupasir berpori dan tersaturasi	2000-3500	500-750
Batu gamping	3500-6000	2000-3300
Granit	4500-6000	2500-3300
Basalt	5000-6000	5000-6000
Gneiss	4400-5200	4400-5200
Batubara	2200-2700	1000-1400
Air	1450-1500	
Minyak	1200-1250	

(Telford dan Sheriff, 1990)

Pada penelitian kali ini, daerah yang diteliti merupakan daerah dengan kondisi geologi yang permukaannya memiliki banyak sedimen vulkanoklastik, dalam kategori tersebut ukuran butir menyerupai batupasir kering dan clay. Hal tersebut akan menuntun *picking Velocity* di permukaan mulai dari nilai 1100-2000m/s.

2.9 Geologi Area Penelitian

2.9.1. Fisiografi Jawa Barat

Menurut Van Bemmelen, secara geologi fisiografi jawa barat dikelompokkan menjadi 4 bagian, yaitu Zona Jakarta, Zona Bogor, Zona Bandung, dan Zona pegunungan selatan. Pada Zona Jakarta, sebagian besar tertutupi oleh endapan aluvial yang terangkut oleh sungai-sungai, terdapat juga alluvial fan dari beberapa gunung berapi. Zona Bogor merupakan zona dengan fisiografis perbukitan yang membentuk lipatan-lipatan batuan sedimen tersier laut dalam. Zona bogor membentang mulai dari Bogor, Purwakarta, Subang, Sumedang, Kuningan, dan Majalengka. Selanjutnya adalah Zona Bandung, yang merupakan zona dengan gunung api, yang merupakan suatu depresi jika dibandingkan dengan zona bogor dan zona pegunungan selatan. Zona Bandungsebagian terisi oleh endapan-endapan alluvial dan vulkanik muda, sedangkan di beberapa tempat campuran endapan tertier dan kwarter. Zona Pegunungan Selatan terbentang mulai dari teluk pelabuhanratu sampai pulau nusakambangan. Zona tersebut merupakan suatu "plateau" dengan permukaan batuan endapan Miosen Atas, dengan beberapa permukaan yang tertoreh-toreh sehingga tidak lagi berbentuk "plateau".(Van Bemmelen, 1949)

Pada penelitian yang dilakukan, daerah tempat data seismik diakuisisi adalah area bagian selatan majalengka yang masuk ke dalam Zona Bogor. Bagian

tersebut terdapat rupa formasi batuan dominan quarter dengan beberapa lipatan batuan sedimen tersier laut dalam.

2.9.2. Geologi Area Majalengka

Kabupaten majalengka merupakan area yang terdiri dari dataran sedimen dan pegunungan vulkanik non-aktif. Majalengka memiliki sebaran dan struktur batuan berupa Aluvium seluas 17.162 Ha (14,25%), Pleistocene Sedimentary Facies seluas 13.716 Ha (13,39%), Miocene Sedimentary Facies seluas 23,48 Ha (19,50%), Undifferentiated Volcanic Product seluas 51.650 Ha (42,89%), Pliocene Sedimentary Facies, seluas 3.870 Ha (3,22%), Liparite Dacite seluas 179 Ha (0,15%), Eosene seluas 78 Ha (0,006%). Banyaknya fenomena rembesan minyak (*oil seepage*) di area tersebut menyebabkan daerah tersebut mempunyai potensi baik adanya reservoir cadangan minyak dan gas bumi. (Armandita dkk., 2009)

Daerah majalengka merupakan suatu area yang banyak menyingkapkan batuan sedimen Tersier, yang merupakan lingkungan pengendapan laut dangkal hingga laut dalam. Aktivitas vulkanik purba juga ditandai oleh intrusi Andesit pada area sekitar. Daerah yang diteliti memiliki struktur geologi yang merupakan hasil dari tektonik kompresi yang membentuk pola struktur lipatan anjakan, diikuti juga dengan adanya *tear fault*. (Haryanto dkk., 2015)

2.9.3. Stratigrafi Area Penelitian

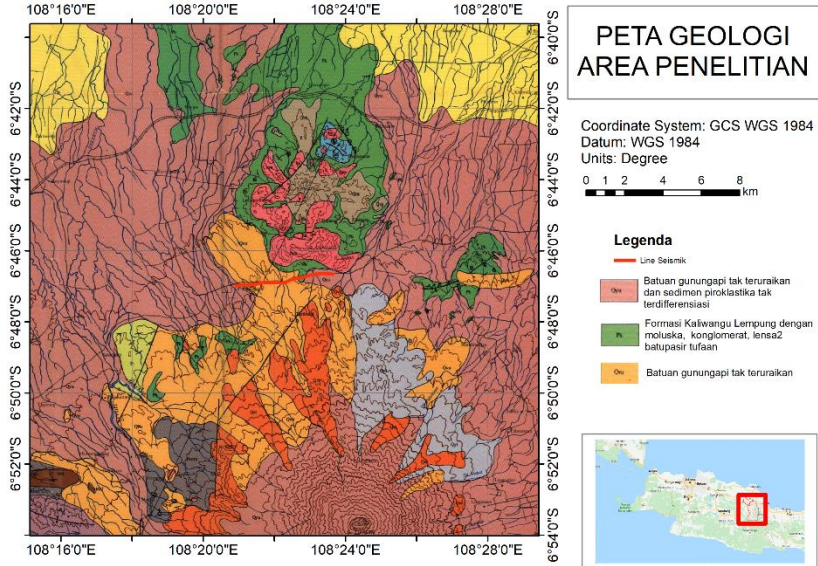
Data penelitian seismik merupakan hasil akuisisi data yang dilakukan pada zona cekungan bogor. Area garis akuisisi seismik berada di kaki Gunung Ciremai yang menutupi formasi sedimen di bawah vulkanik.

Tabel 2.2 Sedimen Stratigrafi Cekungan Bogor (Djuri, 1973)

UMUR			KOOLHOVEN (1936)	Van Bemmelen (1945)	P. Marks (1957)	Djuri (1973)	Soedjono M (1984)	Djuhaeni dan Soedjono M (1988)	
KALA	Klasifikasi Huruf	Z. Blow 1969							
PLEISTOSEN	Th	N.23	Alluvial	Older and young Quaternary volcanoes	Older and young Pleistocene Volcanoes	Hasil Gn Api Muda	BREKSI GN API FORMASI CITALANG	BREKSI GUNUNG API FORMASI CITALANG	
		N.22	Endapan vulkanik kuartar	TAMBAKAN BEDS	TAMBAKAN BEDS	BREKSI TERLIPAT			
PLIOSEN	Th	N.21	CILUTUNG SERIE	KALIGLAGAH BEDS	KALIGLAGAH BEDS	FORMASI CITALANG	FORMASI KALIWANGU	FORMASI KALIWANGU	
		N.20		CIPHERANG BEDS	CIPHERANG BEDS	FORMASI CITALANG			
MIOSEN	AKHIR	N.19	KALIWANGU BEDS (Fasies Selatan)	KALIWANGU BEDS	KUMBANG BEDS	FORMASI KALIWANGU	FORMASI CINAMBO	FORMASI SUBANG	
		N.18	CIDADAP BEDS (Fasies Utara)	BREKSI KUMBANG	CIDADAP	ANGGOTA ATAS			
		N.17			UPPER HALANG	FORMASI HALANG			
		N.16			HALANG BEDS				
		N.15				ANGGOTA BAWAH			
	TENGAH	Tf3	N.14	CIDADAP BEDS (Fasies Selatan)	CIDADAP/UPPER HALANG BEDS		FORMASI HALANG	FORMASI CINAMBO	
			N.13						
		Tf2	N.12	CIMANUK SERIE 4	UPPER PEMALI BEDS	CITARUM			FORMASI CINAMBO
			N.11	CIMANUK SERIE 3		LOWER HALANG			
			N.10	CIMANUK SERIE 2					
AWAL	Te5-Tf1	N.9	CIMANUK SERIE 1			FORMASI CINAMBO	FORMASI CINAMBO		
		N.8	Tidak Tersingkap	LOWER PEMALI BEDS	PEMALI BEDS			ANGGOTA ATAS	
		N.7						ANGGOTA BAWAH	
		N.6					Tidak Tersingkap	Tidak Tersingkap	

Berdasarkan (Tabel 2.2) stratigrafi formasi di area penelitian memiliki formasi cinambo sebagai basement pada zaman miosen awal, formasi Halang pada miosen tengah hingga akhir, dan formasi subang pada miosen akhir. Pada masa pliosen, formasi kaliwangu dan atasnya terdapat formasi citalang. Selanjutnya, terdapat formasi breksi terlipat di masa pleistosen. Puncak formasi paling muda berupa produk dari zaman quarter berupa hasil gunung api muda dan tua. Zona penelitian yang dilewati lintasan seismik meliputi formasi Kaliwangu “Tpk” yang berupa tanah lempung yang mengandung moluska, konglomerat, dan lensa-lensa batupasir tufaan. Lintasan juga melewati formasi batuan gunung api tak teruraikan “Qvu” dan juga Batuan gunungapi tak teruraikan sedimen piroklastik tak terdiferensiasi “Qyu”. Formasi gunungapi muda merupakan formasi batuan paling muda di area penelitian berdasarkan informasi geologi yang tersedia, hal tersebut mengindikasikan bahwa lapisan tidak se-tebal formasi-formasi lainnya yang lebih tua.

2.9.4. Peta Area Penelitian



Gambar 2.17 Geologi sekitar area penelitian, Kabupaten Majalengka (Djuri, 1973)

Tabel 2.3 Penjelasan Geologi

Simbol warna	Penjelasan
Qyu	Batuan gunungapi tak teruraikan dan sedimen piroklastika tak terdifferensiasi
Qyl	Lava
Pk	Formasi Kaliwangu Lempung dengan moluska, konglomerat, lensa2 batupasir tufaan
Qyb	Breksi
Qyk	Breksi kompleks Kromong
Qyu	Batuan gunungapi tak teruraikan

(Djuri, 1973)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Berikut adalah periode, lama waktu, dan lokasi kegiatan tugas akhir dilaksanakan

Tabel 3.1 Periode, Lama, dan Lokasi Pelaksanaan Tugas Akhir

Periode Pelaksanaan	8 Januari 2017 – 5 Maret 2017 (waktu dapat menyesuaikan dengan perusahaan)
Lama	2 Bulan
Lokasi	Fungsi Geofisika, Upstream Technology Center, Kantor Pusat PT. Pertamina (Persero), Gd Kwarnas, Jalan Medan Merdeka Timur no. 6 Jakarta Pusat, 10110

3.2 Sarana Penunjang

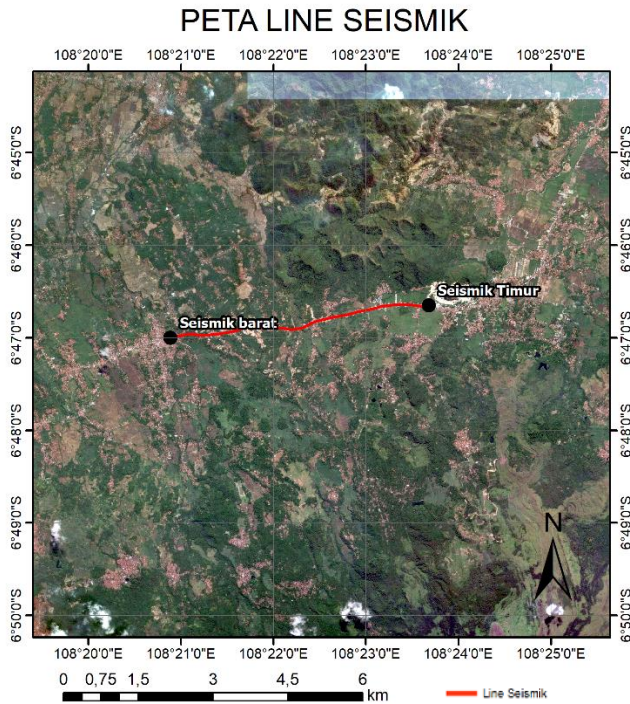
Terkait dengan penelitian yang akan dilakukan di PT Pertamina, berikut adalah peralatan dan data untuk menunjang kegiatan penelitian di perusahaan.

Tabel 3.2 Data dan Peralatan Penunjang Tugas Akhir

Data	<ol style="list-style-type: none">1. Informasi Geologi area pengukuran2. Informasi koordinat pengukuran3. Data Seismik 2D
Peralatan	<ol style="list-style-type: none">1. Laptop (Milik Pribadi)2. Workstation3. Software Pengolahan Seismik 2D

3.3 Area Data

Penelitian ini menggunakan data dari PT Pertamina di area Majalengka.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Seismik

3.4 Timeline Pengerjaan

Timeline untuk tanggal pengerjaan Tugas Akhir di PT Pertamina UTC adalah sebagai berikut:

No	PENGERJAAN	Bobot (%)	Durasi (Minggu)	JANUARI				FEBRUARI				
				1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Kajian Geologi	10	2	2	2							
2	Studi Literatur	10	3		2	2	2	2	2		2	2
3	Analisa Data Seismik	10	1			3	3	3				
4	Pengolahan	pre processing	10	2			3	3	3	2	2	2
		Processing	10	3					2	2	2	2
		Post Processing	10	1								
5	Evaluasi dan presentasi	20	7					1	1	1	1	
6	Penyusunan Laporan Akhir	20	4					2	2	2	2	
Jumlah		100		2	4	8	8	13	9	9	9	
Jumlah Kumulatif				2	6	14	22	35	44	53	62	

No	PENGERJAAN	MARET				April				Mei	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Kajian Geologi										
2	Studi Literatur										
3	Analisa Data Seismik										
4	Pengolahan	pre processing									
		Processing	2								
		Post Processing								3	3
5	Evaluasi dan presentasi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Penyusunan Laporan Akhir	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Jumlah		5	3	3	3	3	3	3	6	6	3
Jumlah Kumulatif		67	70	73	76	79	82	85	91	97	100

Gambar 3.2 Timeline pengerjaan tugas akhir

3.5 Langkah Kerja

Pada penelitian ini ada dua garis besar pengerjaan, yaitu inversi tomografi untuk mendapatkan koreksi statik dan pengolahan data seismik refleksi yang meliputi input geometri hingga penerapan *stack*, yang kemudian diberikan filter untuk tampilan yang lebih bersih di *post processing*.

3.5.1. Pengecekan Geometri

Data seismik yang diperoleh telah memiliki geometri pada headernya. Pengecekan dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada posisi atau *trace* yang salah. Pengamatan pada *gather* data seismik diamati dan dilihat apakah pola *time delay* perambatan gelombang sudah sesuai.

3.5.2. Picking First Arrival

Picking First Arrival dilakukan untuk mendapatkan *time delay* untuk gelombang langsung pada data seismik untuk digunakan pada inversi di tahap selanjutnya.

3.5.3. Pemotongan Data Buruk dan Model Awal

Picking yang telah dilakukan umumnya menghasilkan data-data yang masih memiliki penyimpangan akibat informasi yang kurang atau overestimasi mengakibatkan ketidak selarasan *first break* antar data *gather*.

3.5.4. Inversi

Menggunakan algoritma *traveltime tomography* dan *Generalized Linear Inversion* (GLI), dilakukan inversi data seismik refraksi untuk menghasilkan model kecepatan. Fokus pada penelitian ini adalah menggunakan inversi hasil *traveltime tomography* untuk koreksi statik, penggunaan koreksi statik GLI hanya sebagai pembandingan bagi metode tujuan.

3.5.5. Perhitungan Statik

Hasil penampang model kecepatan diolah untuk mendapatkan nilai pergeseran statiknya menggunakan datum yang ditentukan. Metode *traveltime tomography* dan GLI mempunyai hasil perhitungan statiknya masing-masing untuk digunakan sebagai perbandingan di selanjutnya. Selanjutnya, angka koreksi statik diekstrak untuk digunakan di software pengolahan seismik

3.5.6. Pengolahan Data Seismik 2D 3 Variasi Data

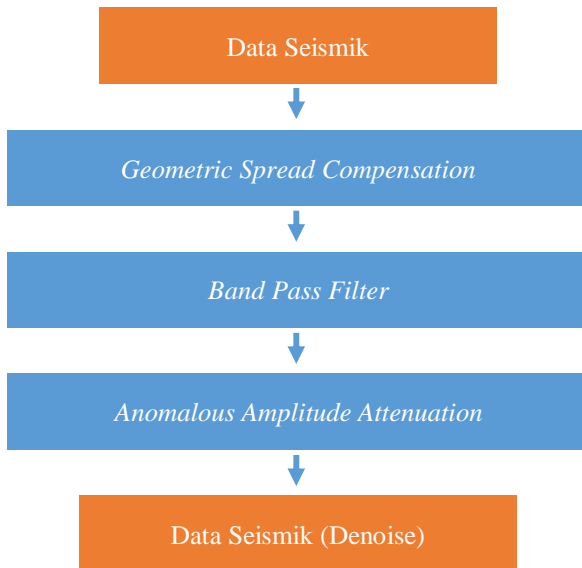
Menggunakan software pengolahan seismik 2D, dilakukan pengolahan dari input data hingga *velocity stack*. 3 variasi data diolah dengan parameter yang persis sama untuk melihat pengaruh dari penerapan koreksi statik hasil *traveltime tomography*, berupa: Tanpa koreksi statik, koreksi statik menggunakan GLI, dan koreksi statik menggunakan *traveltime tomography*. Pengolahan menggunakan parameter yang sama persis pada ketiga variasi dilakukan untuk memberikan variabel kontrol yaitu parameter pengolahan seismik terhadap variabel bebas berupa adanya koreksi statik *traveltime tomography*.

3.5.7. Koreksi Gain dan Atenuasi Noise

Gelombang seismik yang merambat di bumi akan mengalami pengurangan akibat dari persebaran muka gelombang secara geometris. *Geometrical Spreading* merupakan suatu fenomena pengurangan energi gelombang yang diakibatkan oleh efek geometri, di mana muka gelombang akan semakin melebar sesuai dengan jarak ditempuh. *Geometric Spread Compensation* mengatasi masalah pengurangan amplitude akibat persebaran geometris. Pada data seismik yang akan diolah secara refleksi diperlukan kenampakan visual yang bersih dari gangguan agar kenampakan seismik dapat tepat diolah. Data yang diperoleh masih terdapat *noise*, karena itu dibutuhkan beberapa operasi penghilangan noise.

Band Pass Filter merupakan suatu operasi pemfilteran gelombang menggunakan rentang tertentu. Diterapkan filter bandpass 6,8,60,70. Filter

tersebut dipilih karena sweep truk vibroseis yang rentangnya 8-64 Hz untuk meminimalisir data penting yang hilang. Sedangkan *Anomalous Amplitude Attenuation*(AAA)diterapkan dengan menggunakan parameter-parameter tertentu. Frekuensi input yang diproses adalah 3 hingga 18, karena noise frekuensi rendah cenderung berada di rentang tersebut, sehubungan dengan target area yang akan diamati adalah dekat permukaan, gelombang dengan frekuensi rendah tidak begitu penting di penelitian ini. Lebar pita frekuensi adalah 5 trace, hal tersebut karena umumnya anomali di geologi vulkanik pada penelitian tidak melebihi 5 trace, agar tool AAA tidak melakukan attenuasi untuk fitur-fitur geologi yang penting.



Gambar 3.3 Flow secara umum pada penerapan atenuasi *noise* data seismik.

3.5.8. Velocity Analysis dan Analisa Semblance

Velocity Analysis merupakan suatu tahap untuk mendapatkan cepat rambat batuan di bawah permukaan bumi. Analisa dilakukan dengan memproduksi *semblance* yang merupakan representasi *amplitude* dari kemenerusan reflektor pada suatu gather CMP. Untuk itu dibandingkan antara *semblance* antara seismik dengan tanpa koreksi statik dan dengan koreksi statik *traveltime tomography*.

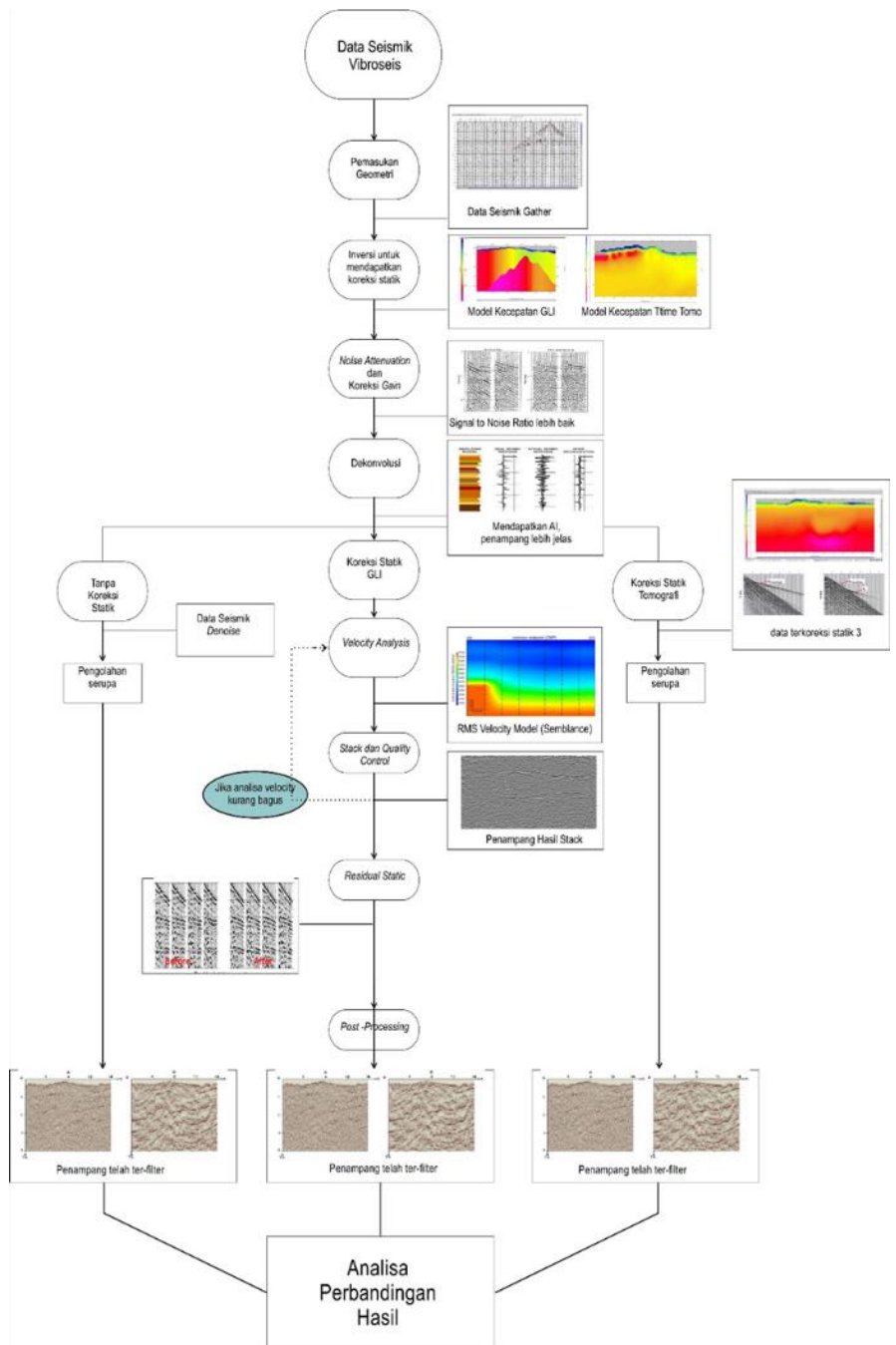
3.5.9. Movout & Stack

Setelah didapatkan *velocity* batuan, dapat dilakukan *moveout* untuk mengembalikan *time delay* seismik pada *offset*. Selanjutnya dilakukan *stack* untuk penggabungan antara banyak penampang *gather*.

3.5.10. Analisa Stack

Hasil stack dari data seismik di ketiga variasi akan diamati untuk membandingkan secara kualitatif kemenerusan reflektor pada dekat permukaan maupun reflektor dalam.

3.6 Diagram Alur Kerja



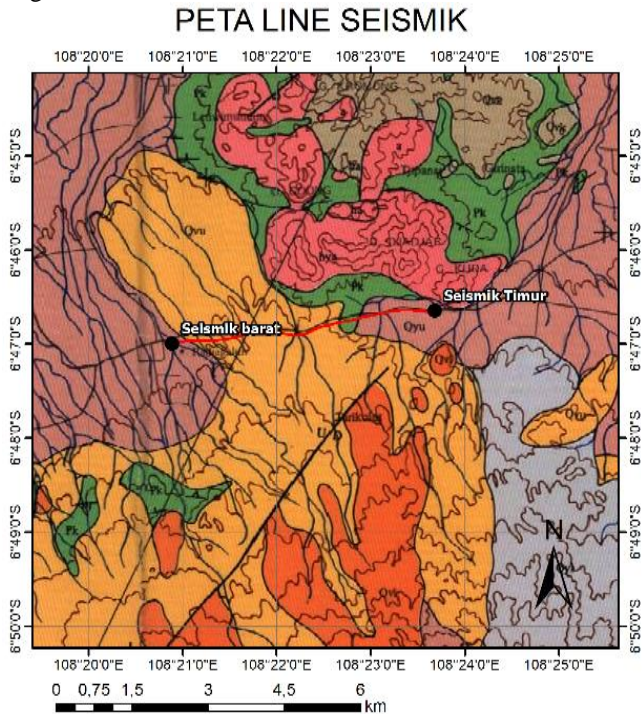
HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Informasi Geologi dan Data Seismik

4.1.1 Geologi Area

Line pengukuran seismik yang diolah pada penelitian ini berada pada area dengan jenis batuan vulkanik breksi. Batuan breksi vulkanik dengan kecepatan rambat gelombang pada material yang relatif heterogen cenderung memberikan efek *scattering* pada energi seismik yang ditembakkan hingga data gelombang diterima yang terbaca tidak maksimal.



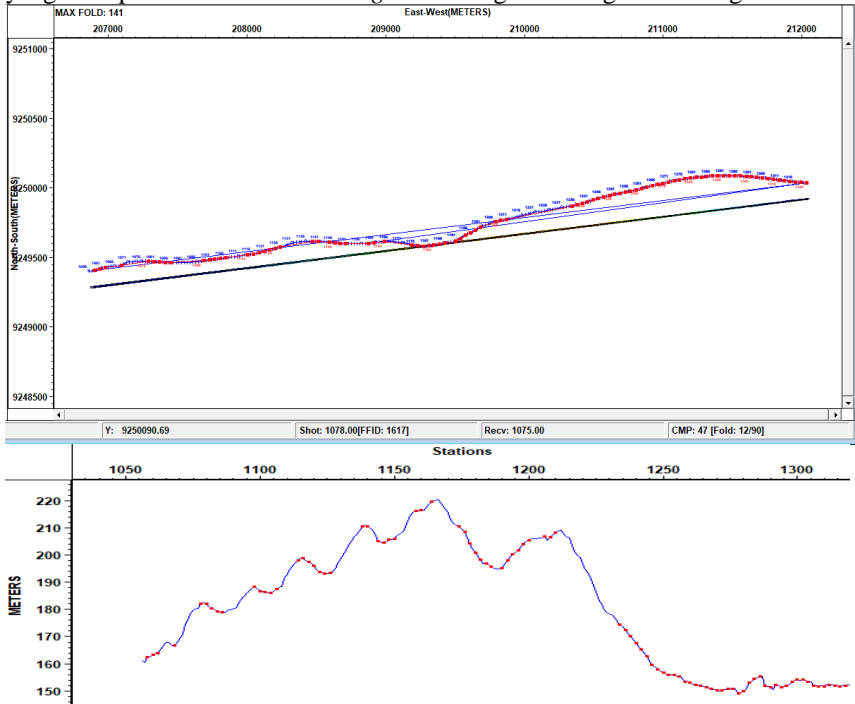
Gambar 4.1 Lokasi line seismik pada peta menggunakan GIS dengan *overlay* geologinya. ((P3G), 2015)

Pada (Gambar 4.1), sebagian area *line* seismik pada bagian barat mengenai area *Qvu* berupa batuan gunung api yang tak teruraikan, sedangkan bagian area *line* seismik bagian timur mengenai area *Qyu* yang merupakan batuan vulkanikz muda sedimen piroklastik. Pada lintasan tersebut, antara "Qvu" dan "Qyu" terdapat formasi kaliwangu "Tpk" yang merupakan formasi batuan

lempung yang mengandung moluska, konglomerat, dan lensa-lensa batupasir tufaan.

4.1.2 Geometri Pengukuran

Penelitian tugas akhir ini menggunakan data seismik aktif dari PT. Pertamina yang berupa data seismik *shot gather* dengan konfigurasi sebagai berikut:

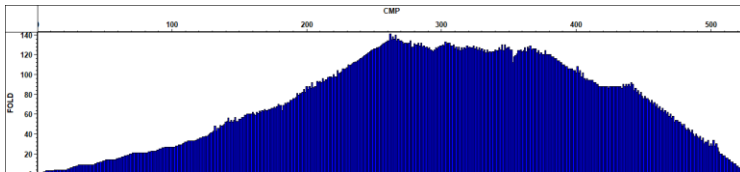


Gambar 4.2 Geometri pengukuran akuisisi seismik, biru adalah *receiver* dan merah adalah *source*

Tabel 4.1 Konfigurasi pengukuran

Number of Traces	23849
Number of FFIDs	90
Number of Shots	90
Number of Receivers	265
Number of offsets	519
Number of Samples	3001
Sample Interval (ms)	2

Shot spacing (m)	41
Receiver spacing (m)	20
Offset interval (m)	20
Minimum offset	-5197
Maximum offset	5197
Minimum x - coordinate	206863
maximum x - coordinate	212032
Minimum y - coordinate	9249401
Maximum y - coordinate	9250090
Minimum z - coordinate	149
Maximum z - coordinate	221
Min. x coord after trace	0
Max. x coord after trace	5279
Min. y coord after trace	-4.44089
Max. y coord after trace	4.44089



Gambar 4.3 Analisa *fold coverage* pada data seismik

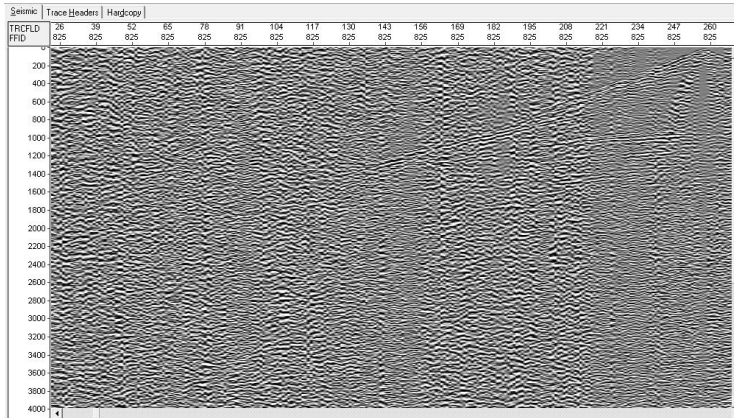
Dilakukan analisa pada geometri akuisisi di data seismik penelitian. Pengamatan topografi pada Gambar 4.2 menunjukkan area data yang memiliki medan yang tidak rata, hal tersebut yang menyebabkan beberapa titik tidak dapat dilakukan penembakan *source* terutama di area barat dari *line* seismik. Dikarenakan akuisisi data seismik dilakukan menggunakan truk vibroseis, penembakan getaran tidak dapat dilakukan pada topografi kemiringan tertentu. Elevasi paling rendah pada data ialah 149 mdpl dan elevasi tertinggi 221 mdpl. *Fold coverage* dari data yang tergambar di gambar 4.3 menunjukkan nilai *fold number* paling tinggi pada CMP 270, area timur relatif tinggi *fold number*-nya sedangkan bagian barat relatif rendah. Hal ini berkaitan dengan kepadatan *source* pada suatu area. Area dengan jumlah *source* lebih banyak akan mendapat *fold number* lebih tinggi daripada yang lebih sedikit *source*-nya. Dengan jarak antar stasiun pengukuran 20 meter dan jumlah stasiun 265, didapatkan total bentangan pengukuran 5,3 KM.

4.1.3 Analisa Data Seismik 2D Line 01 Majalengka

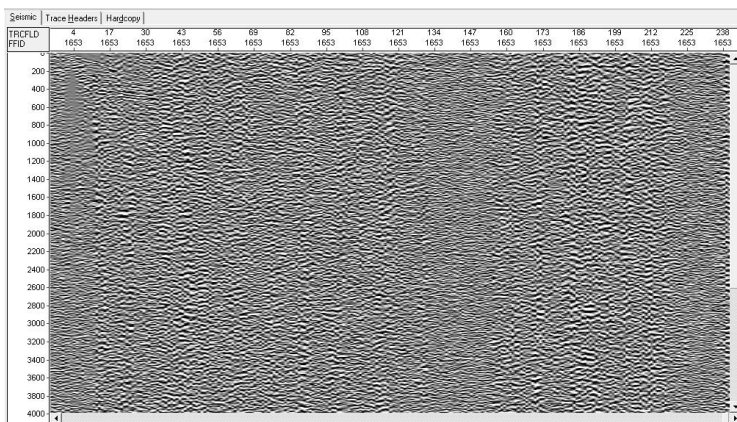
Lokasi data seismik yang dilakukan telah diplot koordinat kedua ujungnya menggunakan *google earth*. Diamati bahwa line seismik berada di area pemukiman dengan letak geofon mengikuti jalan raya. Hal tersebut menyebabkan line seismik tidak dapat lurus sempurna, melainkan mengikuti kelokan jalan. Karena itu, untuk pengolahan inversi tomografi dibutuhkan pengaturan *crooked line* agar line pengukuran diolah sebagai suatu line 2D yang lurus.

Jumlah shot pada data seismik adalah 90, dengan jarak antar shot 40 meter. Penempatan posisi shot terdapat beberapa yang di longkap akibat keterbatasan di lapangan, terutama pada bagian barat dari line seismik. Pengukuran data seismik dilakukan dengan jumlah *receiver* 265 buah dengan spasi 20 meter. Perekaman data dilakukan selama 6 detik, dengan *sampling rate* 2 m. Hal tersebut memberikan jumlah sampel 3001 setiap tracenya. Total jumlah trace adalah 23849 hasil perkalian 265 shot dengan 90 receiver.

Analisa *fold number* menunjukkan bahwa nilai *fold number* paling tinggi berada pada CMP 265 dengan *fold number* 140. Pada *cmp* 0 hingga 150, *fold number* memiliki nilai rendah hingga dibawah angka 60. Hal tersebut akan membuat data seismik resolusi maksimal pada CMP 265 dan sekitarnya.



Gambar 4.4 Penampang Shot Gather Seismik pada lokasi shot sebelah timur



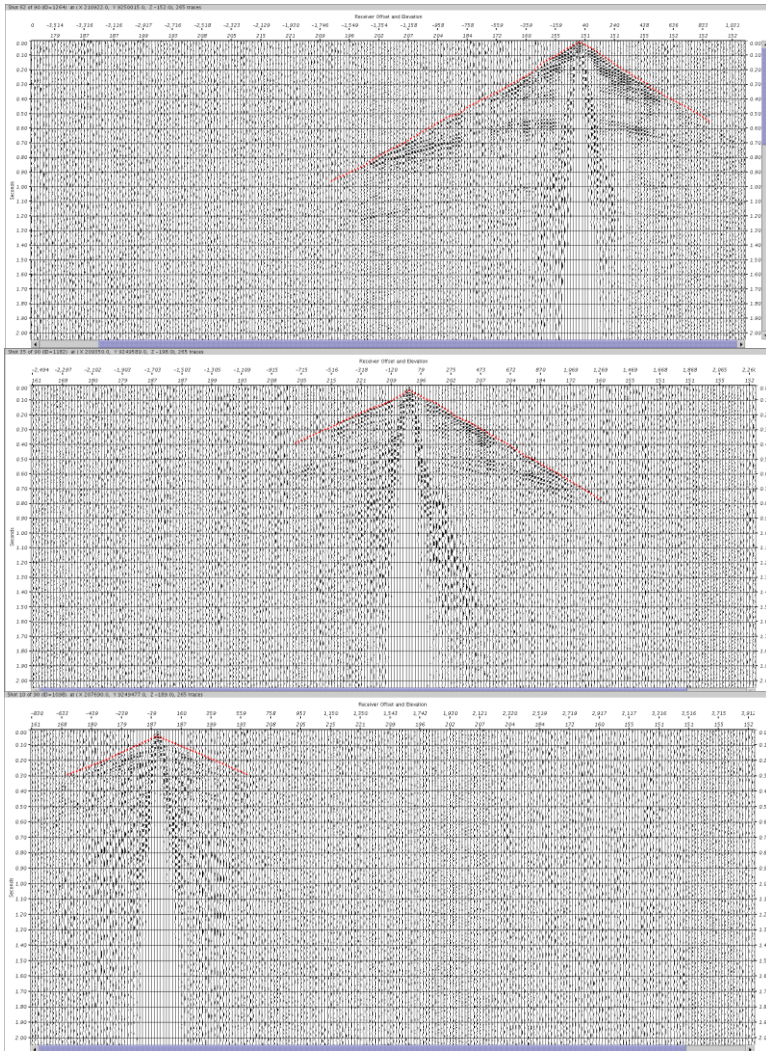
Gambar 4.5 Penampang Shot Gather Seismik pada shot sebelah barat

Data seismik yang digunakan merupakan data seismik hasil akuisisi menggunakan tipe sumber *vibroseis*. Vibroseis menggunakan *sweep* getaran yang diatur pada rentang frekuensi tertentu. Berbeda dengan tipe sumber dinamit, frekuensi getaran output vibroseis dapat dikontrol sesuai pengaturan pada truk penggetar. Diamati pada data seismik, ada beberapa kondisi yang dapat diidentifikasi. Pada *offset* yang sebelah kanan, kenampakan gelombang *first arrival* terlihat cukup jelas dan reflektor dapat terlihat hingga kedalaman 1000 ms. Sedangkan pada *offset* penampang sebelah kiri, kenampakan *first break* buruk, hanya terlihat kemenerusan *first arrival* sampai kedalaman 400 ms. Hal tersebut dapat dikaitkan dengan informasi geologi (Gambar 2.17) bahwa terdapat penurunan kualitas gambar seismik pada lintasan seismik yang melewati formasi batuan vulkanik muda di permukaan.

4.2 Pengolahan Data Seismik Refraksi Tomografi

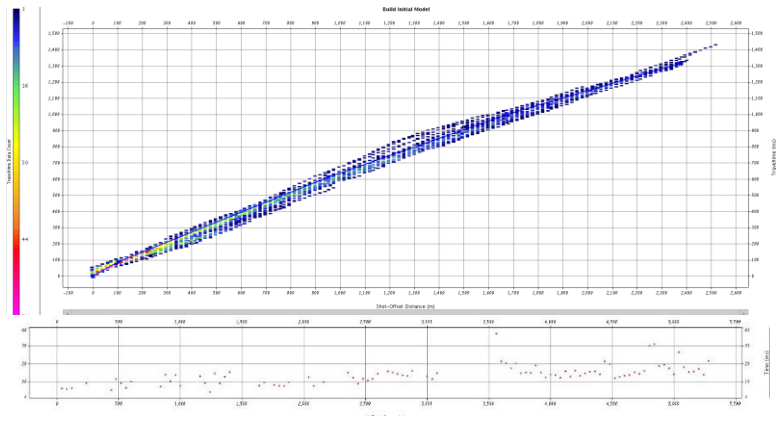
4.2.1 First break Picking

Dilakukan *picking first break* untuk mendapatkan data *first arrival* yang akan dipakai oleh tahap selanjutnya. Seperti yang dijelaskan pada pembahasan sebelumnya (Sub-Bab 4.1) kenampakan *first break* dari data seismik gather hanya menunjukkan kenampakan hingga offset yang terbatas, hal tersebut merupakan ciri-ciri dari akuisisi data seismik pada daerah vulkanik. Akuisisi seismik di area vulkanik menimbulkan suatu permasalahan di mana fenomena *scattering* dan lapisan *high-Velocity* membuat energi seismik tidak bisa menerus lebih jauh.



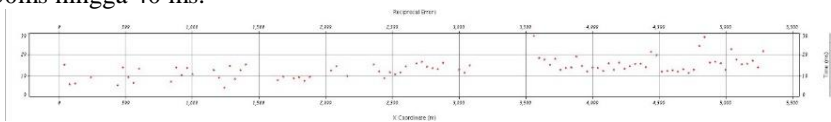
Gambar 4.6 *first break picking* pada data seismik posisi titik shot gather di timur (atas), tengah (tengah), dan barat (bawah).

Dari data seismik yang didapat, pengerjaan *picking* memiliki kesulitan yang bervariasi pada *offset* yang berbeda. Dengan data seismik yang kenampakan *first break* yang minim (hanya sampai 500ms) pada *offset* barat, sedangkan di *offset* timur bisa lebih dalam (sampai 1500 ms). Hal ini akan berpengaruh pada kemampuan inversi data seismik secara refraksi pada tahap berikutnya.



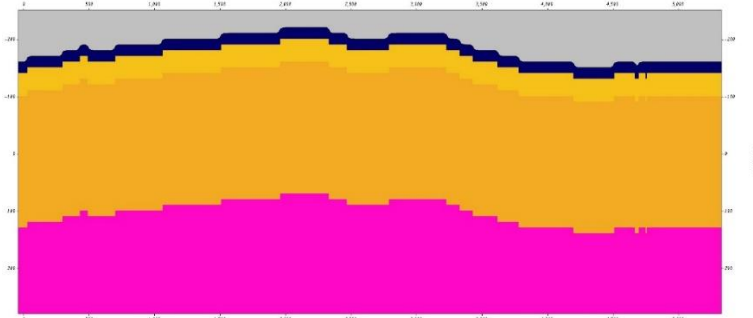
Gambar 4.7 Menghilangkan titik-titik *pick* yang buruk. Menggunakan *tool* berupa *bad pick removal*

Data yang telah dilakukan *picking* masih memiliki *error* yang merupakan ketidaksesuaian pola *picking* pada gather satu dengan lainnya. Dalam perlakuan *picking* data tersebut, didapatkan maksimal *reciprocal error* sejauh 30ms hingga 40 ms.



Gambar 4.8 Nilai *reciprocal error* pada hasil *picking* data seismik Koreksi penghilangan titik noise mengurangi *reciprocal error* menjadi kurang dari 30ms.

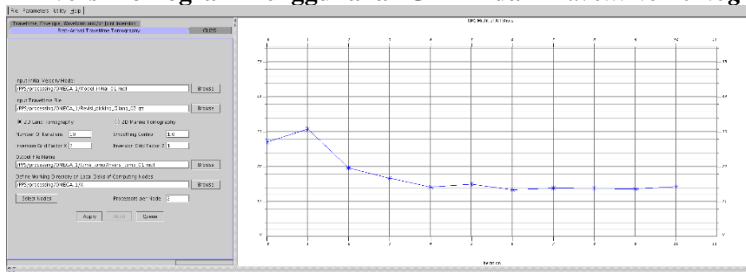
4.2.2 Pembuatan Model Awal



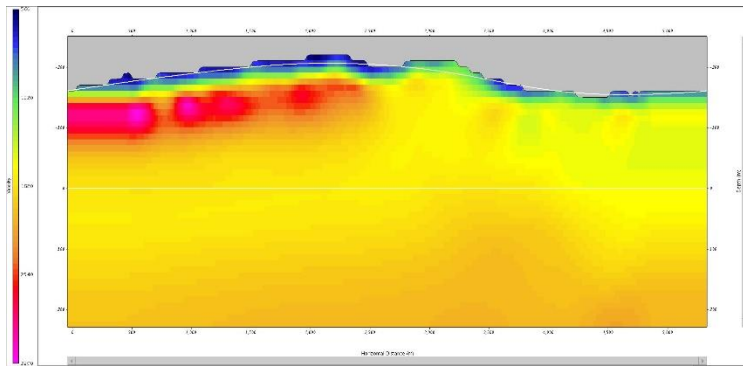
Gambar 4.9 Model awal penampang dekat permukaan untuk dilakukan inversi tomografi.

Model awalan yang dibentuk berupa model geologi dengan 4 lapisan dengan *Velocity* berbeda. Lapisan tersebut merupakan asumsi yang digunakan untuk inversi tomografi yang dilakukan selanjutnya. Lapisan tipis di paling atas merupakan asumsi lapisan *low-Velocity* yang dapat menyebabkan efek statik.

4.2.3 Inversi Tomografi Menggunakan *GLI2D* dan *Traveltime Tomography*

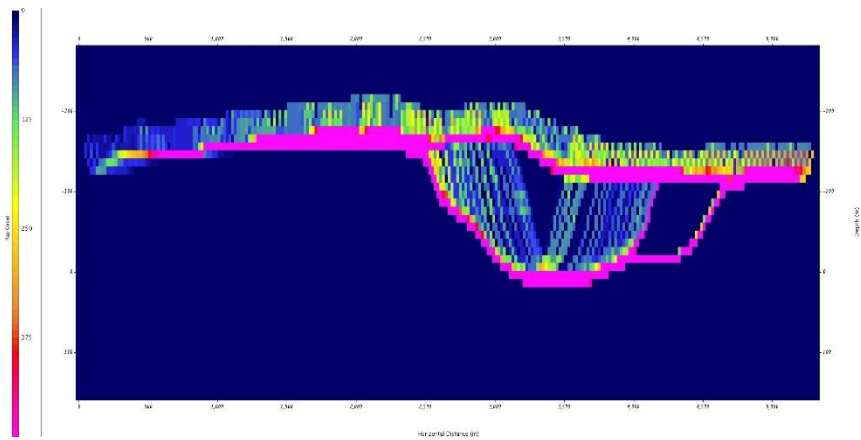


Gambar 4.10 Grafik RMS Misfit pada Inversi *Traveltime Tomography*



Gambar 4.13 Penampang *Velocity* seismik hasil inversi tomografi *traveltime*.

Dari kedua inversi yang telah dilakukan melalui GLI dan *Traveltime* Tomography, teramati bahwa kedua metode menggambarkan kenampakan geologi dengan *high Velocity* dekat permukaan di bagian kiri penampang seismik.



Gambar 4.14 Pola penjalaran sinar dari perhitungan inversi *traveltime tomography*

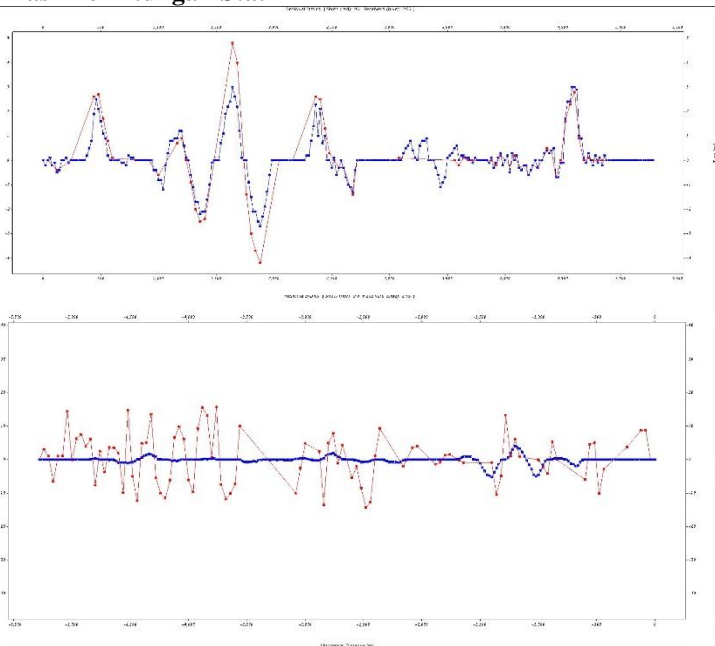
Pada kedua penampang *Velocity*, diamati keduanya memiliki kemiripan. Bagian barat (kiri) dari model *Velocity* diamati memiliki anomali *high Velocity*, diduga batuan keras berupa breksi vulkanik dekat permukaan. Sedangkan pada area tengah ke kanan, nilai *Velocity* cenderung lebih rendah. Hal tersebut mengindikasikan kondisi geologi sedimen hasil vulkanik seperti terlihat di peta

geologi. Pada hasil metode GLI 2D, penampang model *Velocity* membentuk beberapa tubuh berlapis dengan nilai *Velocity*nya masing-masing.

Pada penampang model perjalanan sinar gelombang (Gambar 4.14), dianalisa bahwa tidak ada ray yang melanjutkan ke lebih dalam dari 500ms pada model *Velocity* di bagian barat, hal tersebut diakibatkan tidak didapatkannya *picking first break* pada *offset* jarak yang lebih jauh. Terutama pada geometri akuisisi yang terlihat bahwa *fold* di area barat tidak sebanyak di bagian kanan diakibatkan lebih sedikitnya jumlah *source*.

Adapun juga berdasarkan identifikasi geologi perlapisan pada daerah yang diamati, terdapat fenomena lapisan *high Velocity* berupa batuan vulkanik yang keras di atas lapisan sedimen yang cenderung memiliki *velocity* lebih rendah. Gelombang seismik yang merambat tersebut cenderung lebih dominan merambat di batuan *Velocity* yang lebih tinggi. Kontras *Velocity* yang tinggi mengakibatkan kecilnya energi yang diteruskan ke lapisan dengan *Velocity* lebih rendah

4.2.4 Hasil Perhitungan Statik



Gambar 4.15 Hasil koreksi statik dari inversi. Koreksi statik menggunakan

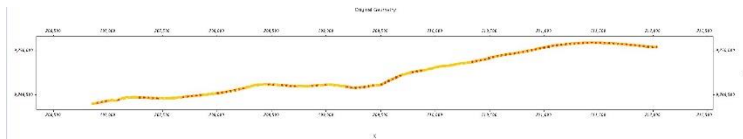
GLI(atas) dan menggunakan tomografi *traveltime* (bawah). Nilai statik yang didapatkan menunjukkan nilai *shift* pada shot dengan rentang -14 hingga 20 ms, secara residual.

4.3 Pengolahan Data Seismik Refleksi

Pengolahan data seismik secara refleksi pada penelitian kali ini meliputi tahap awal (*pre-processing*), dan pasca pengolahan (*post processing*). Tahap utama (*main processing*.yaitu peningkatan kualitas data melalui atenuasi noise, koreksi gain, dekonvolusi. Selanjutnya, untuk mendapatkan *stacking*, dibutuhkan nilai *Velocity* untuk melakukan *moveout*.

4.3.1 Analisa Geometri

Menggunakan software yang berbeda, diperlukan pengecekan geometri yang kedua kalinya untuk memastikan tidak ada perubahan dari geometri data seismik. Data seismik yang diamati memiliki geometri shooting yang tidak merata. Beberapa titik shot tidak terpenuhi sehingga dari 265 station untuk receiver, hanya 90 shot yang dapat tercapai. Line pengukuran tidak sepenuhnya lurus melainkan memiliki sedikit deviasi akibat halangan di lapangan seperti Gambar 4.16,

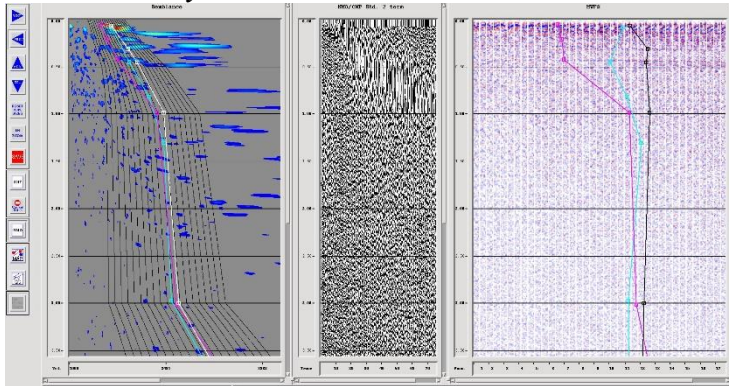


Gambar 4.16 Penampang koordinat shot(merah) dan receiver(kuning) dari akusisi seismik di line yang diteliti

4.3.2 Penerapan Statik ke Data

Koreksi statik yang telah didapatkan dari inversi diterapkan pada data seismik sehingga terdapat pergeseran waktu pada trace sesuai dengan koreksi yang diberikan. Menggunakan *jobflow* penerapan statik, nilai pemindahan statik hasil kalkulasi diterapkan pada data seismik pada *pre-processing*. Ketiga variasi data seismik diberikan hasil *Velocity picking* yang sama sehingga perbandingan menjadi konsisten. Dilakukan *Quality Control* untuk mengamati perbedaan hasil *stacking* data seismik yang tidak digunakannya statik, dengan menggunakan statik hasil GLI, dan menggunakan statik hasil *traveltime tomography*.

4.3.3 Analisa Velocity

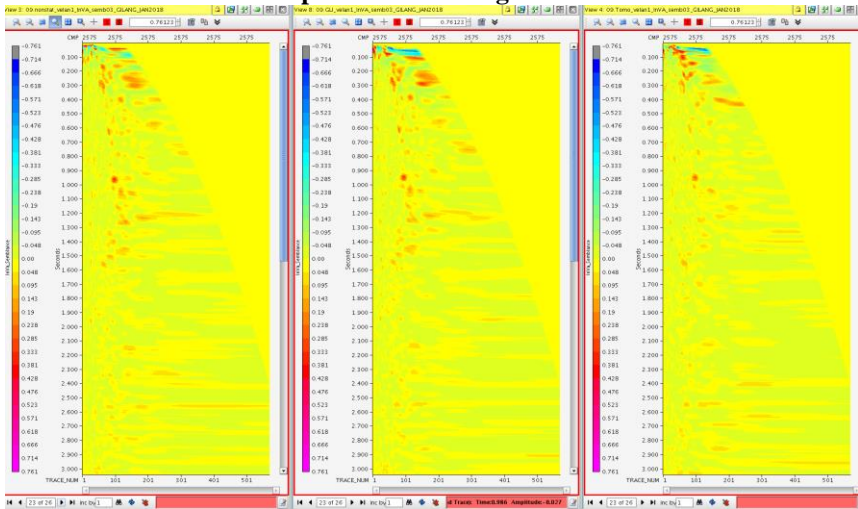


Gambar 4.17 *Semblance picking* pada data analisa *Velocity* seismik gather CMP *Tool Velocity Analysis* digunakan untuk menganalisa kecepatan rambat batuan pada setiap kedalaman, yang kemudian digunakan untuk melakukan *moveout* pada data seismik.

Pada tahap *picking Velocity* seperti (Gambar 4.17), dianalisa nilai kecepatan rambat gelombang seismik pada batuan dengan kedalaman waktu. Data seismik CMP gather dikumpulkan kemudian dilakukan prediksi *moveout* dan dipilih berdasarkan *semblance* yang paling kuatnya, yang menggambarkan kemungkinan terbesar nilai kecepatan di kedalaman tersebut. Nilai *Velocity* yang diperoleh digunakan untuk proses *moveout* untuk menghilangkan efek keterlambatan waktu pada trace yang berjarak dari titik tengah, sehingga peristiwa gelombang langsung, refraksi, maupun refleksi terkoreksi.

Pada data yang diolah, umumnya kenampakan *semblance* yang dapat dibedakan jelas pada tahap ini tidak melebihi kedalaman 1500ms untuk bagian *trace* seismik setelah CMP 2570-an, dan tidak melebihi 700ms untuk bagian *trace* seismik sebelum CMP 2570-an. Hal tersebut memberikan gambaran bahwa data seismik yang didapat mengalami pengurangan kualitas ketika *fold number* pada titik tersebut rendah.

4.3.4 Analisa *Semblance* pada Variasi Pengolahan

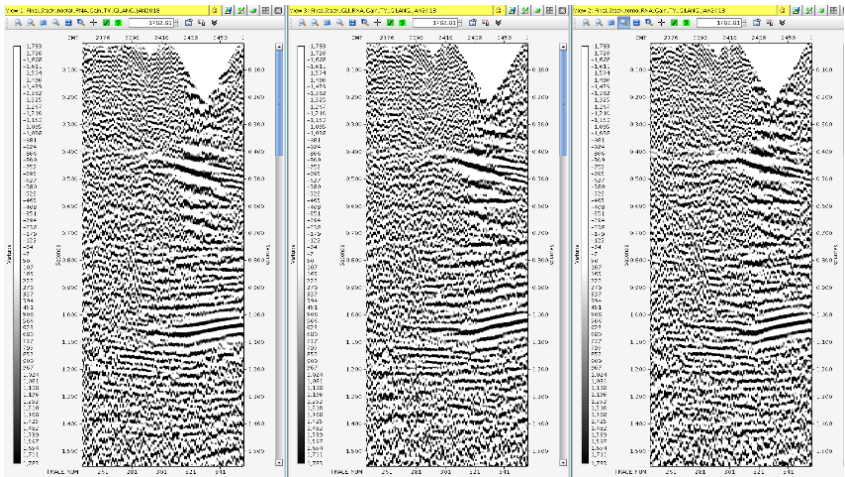


Gambar 4.18 Perbandingan *semblance* antara 3 data seismik pada CMP 2575 dengan kondisi: tanpa koreksi statik (kiri), dengan koreksi statik GLI (tengah), dan koreksi statik tomografi (kanan).

Ekstraksi *semblance* pada ketiga variasi pengolahan seismik dilakukan untuk memberikan perbandingan yang lebih valid, karena isolasi dari *semblance* seismik akan menunjukkan tingkat kemenerusan dari reflektor. Semakin terisolasi amplitude *semblance* yang ditunjukkan, maka kemenerusan dari reflektor akan semakin baik yang mana menandakan bahwa koreksi statik telah mengembalikan kemenerusan reflektor seperti semula.

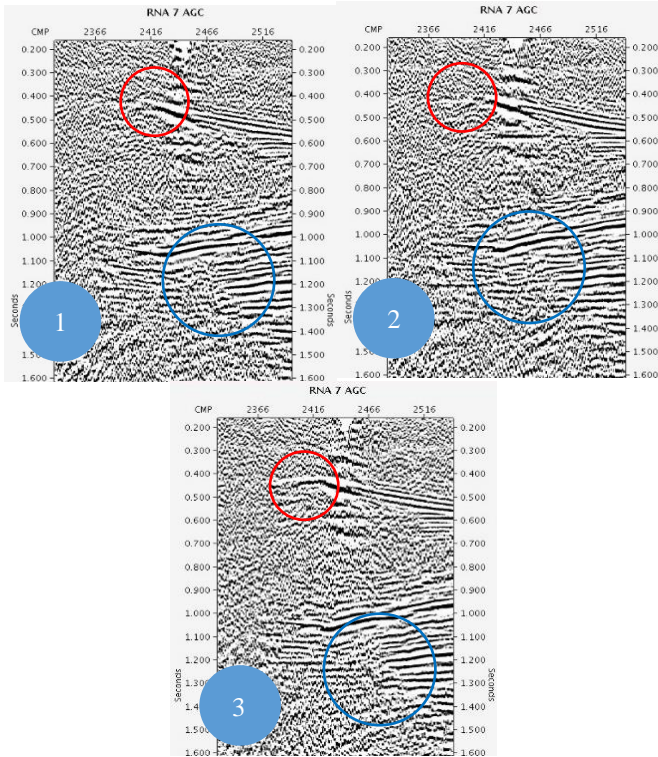
Diamati bahwa pada pengamatan *semblance* di CMP 2575 (Gambar 4.18) amplitude *semblance* pada penampang yang merupakan hasil koreksi statik *traveltime tomography* mempunyai isolasi amplitude yang paling baik, sedangkan pada *semblance* di bagian tanpa koreksi statik dan dengan koreksi statik GLI titik-titik merah yang merupakan nilai amplitud tinggi terdistribusi lebih menyebar. Hal tersebut menandakan bahwa masih adanya ambiguitas dalam pemilihan *velocity* untuk menciptakan *normal moveout* yang sesuai.

4.3.5 Analisa Kenampakan Kemenerusan Reflektor



Gambar 4.19 Penerapan koreksi statik pada data seismik yang telah dilakukan *Velocity Analysis* dan dilakukan *stacking*. Kiri merupakan data tanpa koreksi statik, tengah merupakan data dengan koreksi statik GLI, dan kanan merupakan data dengan koreksi statik *Traveltime*.

Stacking yang dilakukan menunjukkan perbedaan mencolok pada data seismik di kedalaman waktu 450 milidetik dengan posisi *CMP number* 2400. Terdapat kemenerusan yang lebih terlihat lebih jelas pada data seismik yang diterapkan statik *traveltime tomography* (Gambar 4.19, no.3), dan juga pada data hasil statik GLI walau tidak terlalu signifikan.

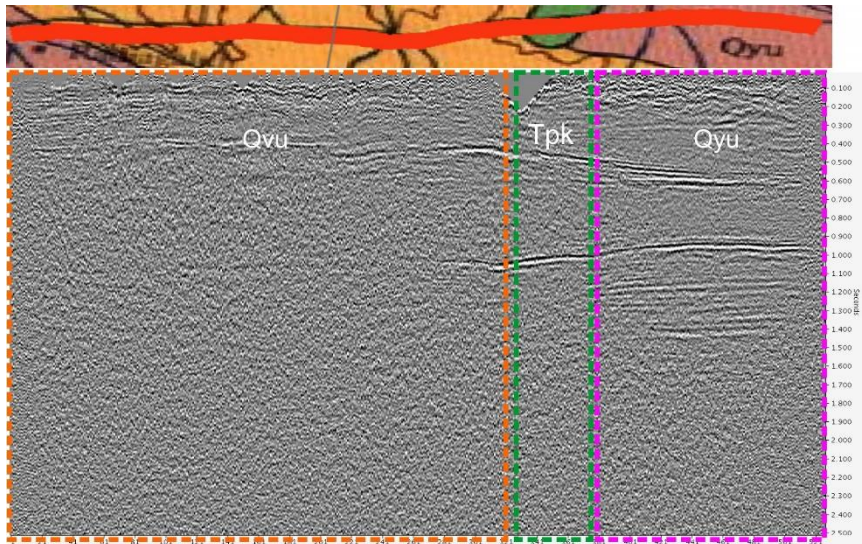


Gambar 4.20 *Quality Control* lanjutan menggunakan penerapan koreksi statik residual dari *moveout* trace-trace seismik hasil velan.(1) tanpa koreksi statik (2) dengan koreksi statik hasil GLI (3) dengan koreksi statik hasil Tomo.

Pada kenampakan kemenerusan pada depth yang lebih dalam, terdapat suatu penurunan kualitas kenampakan reflektor ketika data seismik diterapkan statik menggunakan inversi GLI. Hasil penampang seismik pada depth 1400ms malah mengalami suatu kehilangan amplitude reflektor. Hal tersebut disebabkan oleh nilai perubahan hasil statik yang salah, sehingga amplitude trace-trace seismik yang harusnya sejajar menjadi berubah posisi secara tidak seirama. Metode tomografi *traveltime* memberikan kenampakan kemenerusan pada kedalaman yang lebih baik. Hal tersebut menjadi suatu indikator bahwa metode *traveltime tomography* dapat membantu dalam koreksi statik pada data seismik yang diakuisisi pada area dengan geologi vulkanik batuan keras dekat permukaan pada contoh kasus Majalengka.

4.4 Interpretasi Singkat

Diamati hubungan antara geologi di permukaan dengan hasil penampang *stack* dengan menggunakan peta geologi area penelitian.



Gambar 4.21 Analisa peta geologi bersama dengan hasil *stack* seismik.

Diamati pada (Gambar 4.21), terdapat suatu hubungan antara formasi geologi di permukaan dengan kualitas *stack* seismik. Pada bagian barat, kualitas data seismik dengan penetrasi kedalaman yang relatif kurang merupakan area lintasan seismik dengan CDP di formasi “Qvu”. Sedangkan pada bagian timur, penampang seismik yang berada pada formasi “Tpk” dan “Qvu” mendapatkan kualitas data seismik dengan penetrasi kedalaman yang lebih dibandingkan bagian barat. Akan tetapi terdapat faktor lain yang berpengaruh terhadap data seismik yang bervariasi kualitasnya ini, yaitu jumlah *fold* pada posisi-posisi tersebut.

4.5 Pembahasan Akhir

Dari pengamatan perbandingan ketiga variasi pengolahan data seismik yang dilakukan (tanpa statik, statik GLI, dan statik *traveltime tomography*), didapatkan perbedaan yang terlihat dan dapat diamati secara kualitatif. Hasil produksi *semblance spectra* telah dilakukan pada ketiga data. Data seismik yang telah mengalami koreksi statik *traveltime tomography* menunjukkan *semblance spectra* yang kenampakan amplitudanya lebih terisolasi dengan jelas pada suatu garis lurus. Hal tersebut menunjukkan bahwa koreksi statik tersebut berhasil

merapihkan undulasi-undulasi kemenerusan reflektor yang dapat mengurangi kualitas kenampakan reflektor pada penampang seismik.

Sedangkan dari pengamatan penampang *stack* akhir, dibandingkan dari ketiga variasi data pengolahan seismik didapatkan bahwa data seismik yang mengalami koreksi statik *traveltime tomography* akan menghasilkan penampang *stack* yang lebih kontras dan bentukan reflektor yang kemenerusannya lebih jelas. Hal tersebut menjadi logis mengingat bahwa undulasi-undulasi pada reflektor di data seismik yang belum terkoreksi statik akan mengurangi kontras amplitude pada operasi *stacking* seismik, yang menyebabkan reflektor menjadi lebih tidak terlihat. Sedangkan pada data yang terkoreksi statik menggunakan *traveltime tomography* dapat menunjukkan hasil yang lebih menerus terutama di area pengamatan dengan fold number tinggi.

Untuk mendapatkan hasil tomografi *velocity* yang sesuai, pada tahap *first break picking* telah diamati bahwa pengambilan titik *first break* yang berlebihan dari kemunculan *wiggle* yang tersedia akan membuat *ambiguitas* untuk perlakuan inversi sehingga hasil yang terjadi akan tidak baik. Untuk itu baiknya *picking first break* untuk inversi tomografi refraksi tidak lebih dari akhir kemunculan *wiggle first break* pada data seismik yang diolah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Inversi *traveltime tomography* dengan *picking* yang tidak melebihi kemunculan *wiggle first break* yang ada akan menggambarkan model *Velocity* yang sesuai.
2. Penampang *semblance* menunjukkan pengolahan seismik menggunakan koreksi statik *traveltime tomography* memberikan hasil paling baik diantara ketiga variasi, dengan pola distribusi amplitude yang lebih terisolasi.
3. Penampang *Velocity stack* seismik dengan koreksi statik *traveltime tomography* menunjukkan kemenerusan reflektor yang paling baik, terutama teramati di CMP 2575.
4. Gangguan statik yang dihasilkan oleh heterogenitas *Velocity* area vulkanik dapat dikurangi menggunakan koreksi statik tomografi

5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki kekurangan, karena itu saran dari penulis

1. Dilakukannya pengolahan serupa menggunakan data seismik vulkanik lainnya yang memiliki *fold* number lebih tinggi agar kualitas data mentah yang didapat lebih bersih sehingga pengamatan perbandingan dapat lebih pasti.
2. Penambahan metode tomografi seperti algoritma *full waveform inversion* (FWI) untuk menghasilkan model *velocity* yang lebih baik, karena FWI mampu memindai tipe geologi yang kompleks.
3. Pengolahan seismik dilanjutkan hingga 3 kali *velocity picking* dan dilakukan migrasi untuk mendapatkan dampak final dari penambahan koreksi statik tomografi.

DAFTAR PUSTAKA

- Armandita, C., Mukti, M. dan Satyana, A.H. (2009), "Intra-arc trans-tension duplex of Majalengka to Banyumas area: Prolific petroleum seeps and opportunities in west-central Java border", *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Thirty-Third Annual Convention & Exhibition, May 2009*, No.May, hal. IPA09-G-173.
- Bagaini, C., Bunting, T. dan El-emam, A. (2010), "Land Seismic Techniques for High-Quality Data", *Oilfield Review Summer 2010*, Vol.22, No.2, hal. 28–39.
- Bagus, R., Irshadibima, F. dan Warnana, D.D. (2016), *Pengolahan data seismik pada daerah batuan vulkanik*.
- Banuboro, A., Syaifuddin, F. dan Warnana, D.D. (2017), *Desain Parameter Akuisisi Seismik 3D Untuk Eksplorasi Hidrokarbon di Lingkungan Vulkanik dengan Analisa Metode Dinamik dan Statik pada Cekungan Jawa Barat Bagian Utara*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Van Bemmelen, R.W. (1949), "The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes" *The Geology of Indonesia*.
- Djuri (1973), *Peta Geologi Lembar Ardjawinangun*, Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia.
- Ghazalli, M., Widodo, A. dan Syaifuddin, F. (2016), "Pemodelan Data Seismik Lingkungan Vulkanik", *Jurnal Geosaintek*, Vol.2, hal. 113–122.
- Hampson, D. dan Russell, B. (1984), "First-break interpretation using generalized linear inversion", *Journal of the Canadian Society of Exploration Geophysicists*, Vol.20, No.1, hal. 40–54. Diambil dari http://csegjournal.com/assets/pdfs/archives/1984_12/1984_Hampson_D_first_break_interp.pdf.
- Haryanto, I., -, N., Saputra, I., Sebaran, D.A.N., Studi, B., Daerah, K., Barat, P.J. dan Halang, F. (2015), "Identifikasi Struktur Geologi Berdasarkan Aspek Morfologi, Stratigrafi, Pola Jurus Lapisan Batuan", *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, Vol.13, No.2, hal. 140–151. [http://doi.org/10.24198/BSC GEOLOGY.VOL13.2015.2](http://doi.org/10.24198/BSC_GEOLOGY.VOL13.2015.2).
- Meunier, J. (2011), *2011 SEG / EAGE Distinguished Instructor Short Course Seismic Acquisition from Yesterday to Tomorrow*. <http://doi.org/10.1190/1.9781560802853>.
- Milsom, J. dan Eriksen, A. (2011), *Field Geophysics, 4th ed.* <http://doi.org/10.1002/9780470972311>.
- Öhman, I., Heikkinen, E. dan Lehtimäki, T. (2006), *Seismic 2D Reflection Processing and Interpretation of Shallow Refraction Data*, No.2006–114, hal. 97. Diambil dari <http://www.posiva.fi/files/185/WR2006-113web.pdf>.
- Sheehan, J.R., Doll, W.E., Watson, D.B. dan Mandell, W. a (1999), *Application of Seismic Refraction Tomography to Karst Cavities*, hal. 29–44.

- Telford, W. dan Sheriff, R. (1990), *Applied Geophysics* Diambil dari <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=oRP5fZYjhXMC&oi=fnd&pg=PR15&dq=Applied+Geophysics&ots=CaXflr0vmb&sig=AuyMU9skDy3g4XcxFMmZhq7rYVv%5Cnhttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=oRP5fZYjhXMC&oi=fnd&pg=PR15&dq=Applied+Geophysics&ots=CaXflr0wjb&sig=>.
- Yilmaz, Ö. (2001), *Seismic Data Analysis*, Society of Exploration Geophysicists. <http://doi.org/10.1190/1.9781560801580>.
- Zhang, J. dan Toksöz, M.N. (1998), "Nonlinear refraction traveltime tomography", *Geophysics*, Vol.63, No.5, hal. 1726. <http://doi.org/10.1190/1.1444468>.

PROFIL PENULIS



Gilang Wiranda. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis saat ini berdomisili di Kota Depok, Jawa Barat. Hobi dari penulis ialah bermain musik, sepakbola, dan bermain game. Penulis menempuh pendidikan formal pada SD PSKD 8 Depok, SMP Negeri 2 Depok, dan SMA Negeri 1 Depok. Dan mulai tahun 2014, dilanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis selama menempuh pendidikan S1 aktif dalam mengikuti organisasi mahasiswa seperti Himpunan mahasiswa teknik geofisika (HMTG) periode 2015/2016 sebagai staff departemen media informasi dan periode 2016/2017 sebagai kadv jurnalistik di media informasi, serta *Society of Exploration Geophysicist* periode 2017/2018 sebagai staff *information and fundraising*. Untuk kegiatan mahasiswa ekstra kampus, penulis menjadi anggota HMGI divisi *HMGZine* pada periode 2016/2017 dengan produk 2 edisi majalah yaitu edisi 5 dan 6 tahun 2017, serta juga sebagai staff Riset dan Teknologi HMGI pusat periode 2017/2018. Selain organisasi mahasiswa jurusan dan bidang, penulis juga mengikuti kegiatan minat bakat Paduan Suara Mahasiswa ITS. Di Paduan Suara, penulis mengikuti lomba taraf nasional di Universitas Airlangga. Penulis juga ikutserta dalam kegiatan penunjang profesi seperti: *Petrophysics Training* oleh HMTG ITS (2016), Kursus “Seismic Processing Training” oleh Pusat Studi Energi UGM (2017), dan pelatihan seismik interpretasi di *Semester Break* Teknik Geofisika ITS (2017). Beberapa kegiatan ilmiah luar kampus juga penulis ikuti seperti: *Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition* (2017) sebagai presenter paper dan *Indonesia Petroleum Association Convention & Exhibition* (2018) sebagai presenter poster. Pada semester 6, penulis melaksanakan kegiatan kerja praktek di Pertamina UTC selama 1 bulan dengan topik “Pengolahan Seismik 2D Darat *Pre-Stack Time Migration*”. Penulis juga bertugas menjadi asisten praktikum mata kuliah elektronika dasar pada tahun 2017. Penulis juga melaksanakan tugas sebagai ketua pelaksana kuliah lapangan “Geoterpadu” Departemen Teknik Geofisika pada september 2017 dengan judul “Pemetaan Bawah Permukaan Surabaya Sebagai Usulan Tata Ruang Berbasis Kebencanaan”.

Untuk informasi dan diskusi lebih lengkap mengenai Tugas Akhir penulis, dapat menghubungi: gilangwiranda@gmail.com

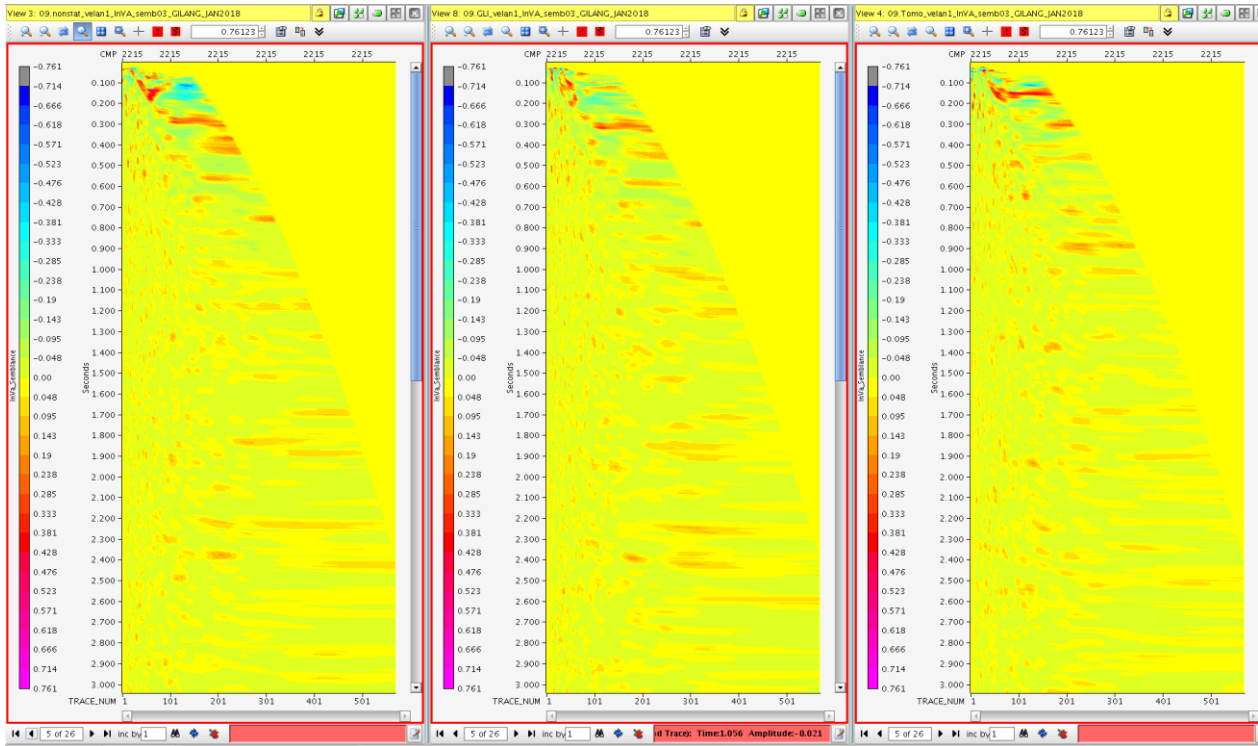
LAMPIRAN

No	Pengerjaan	Bobot (%)	Durasi (Minggu)	Ekspektasi								
				JANUARI				FEBRUARI			MARET	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1
1	Kajian Geologi	10	2	2	2							
2	Studi Literatur	10	3		3	3	3	2	2	2	2	2
3	Analisa Data Seismik	10	1			3	3					
4	Pengolahan	pre processing	10	2			3	3	3			
		Processing	10	3					3	3	3	3
		Post Processing	10	1								3	3
5	Evaluasi dan presentasi	20	7		2	2	2	3	3	3	3	3
6	Penyusunan Laporan Akhir	20	4					4	4	4	4	4
Jumlah		100		2	7	11	11	15	12	12	15	15
Jumlah Kumulatif				2	9	20	31	46	58	70	85	100

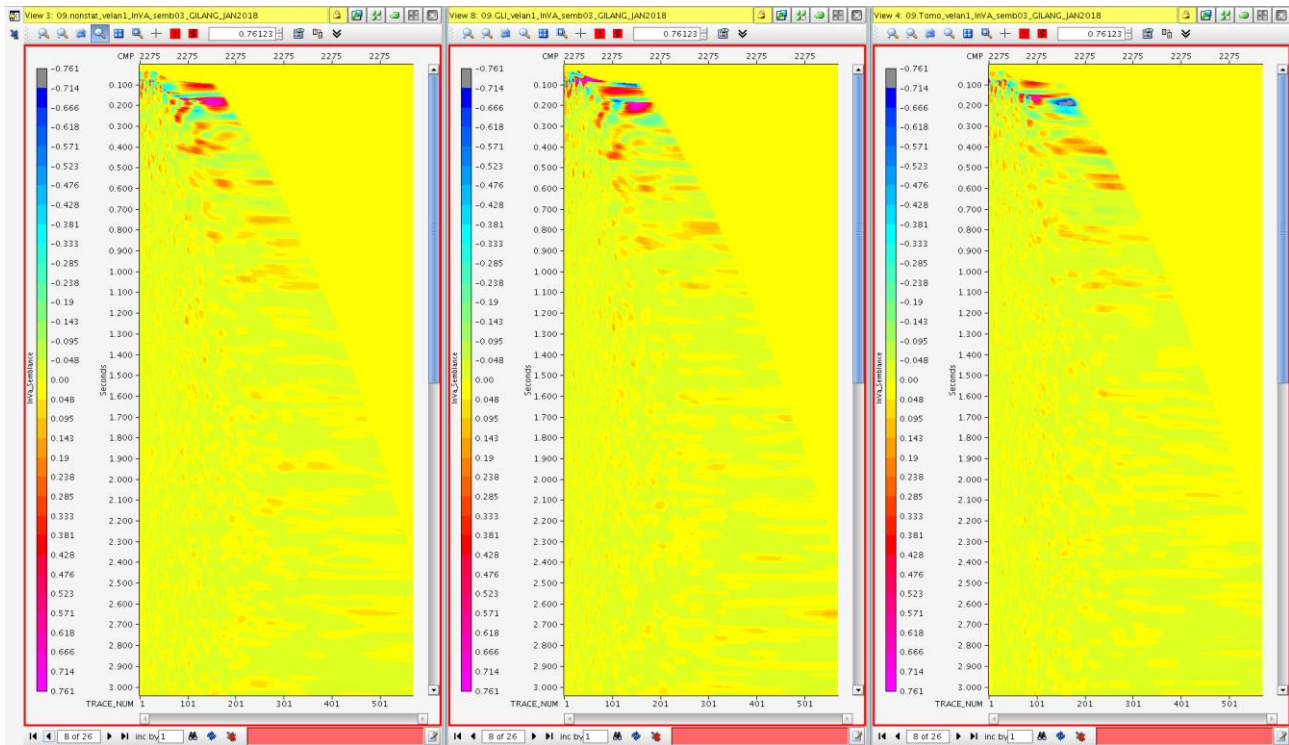
L1. Perencanaan kegiatan pengerjaan tugas akhir

Realisasi															
JANUARI				FEBRUARI				MARET				April			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2	1														
	3	3	3	3	2	2	1	1				1	1	2	2
		4	4	4											
		3	2	2											
				1	1	1	2	1							
							0	0							
				4	4	2	0	0							
				4	4	4	3	1						2	
2	4	10	9	18	11	9	6	3	0	0	0	1	1	4	2
2	6	16	25	43	54	63	69	72	72	72	72	73	74	78	80
100%	86%	94%	93%	90%	87%	83%	74%	72%	72%	72%	72%	73%	74%	78%	80%
2	6	16	25	43	54	63	69	72	72	72	72	73	74	78	80

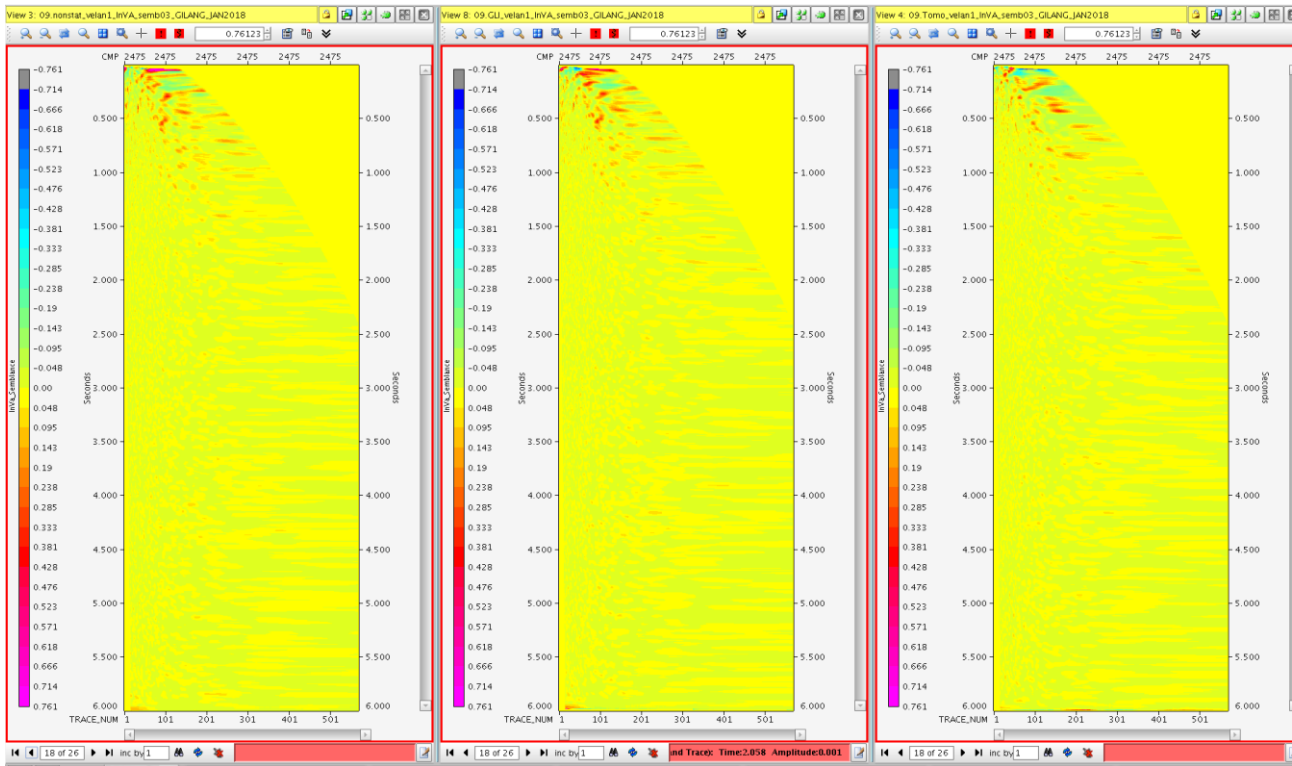
L2. Realita kegiatan pengerjaan tugas akhir



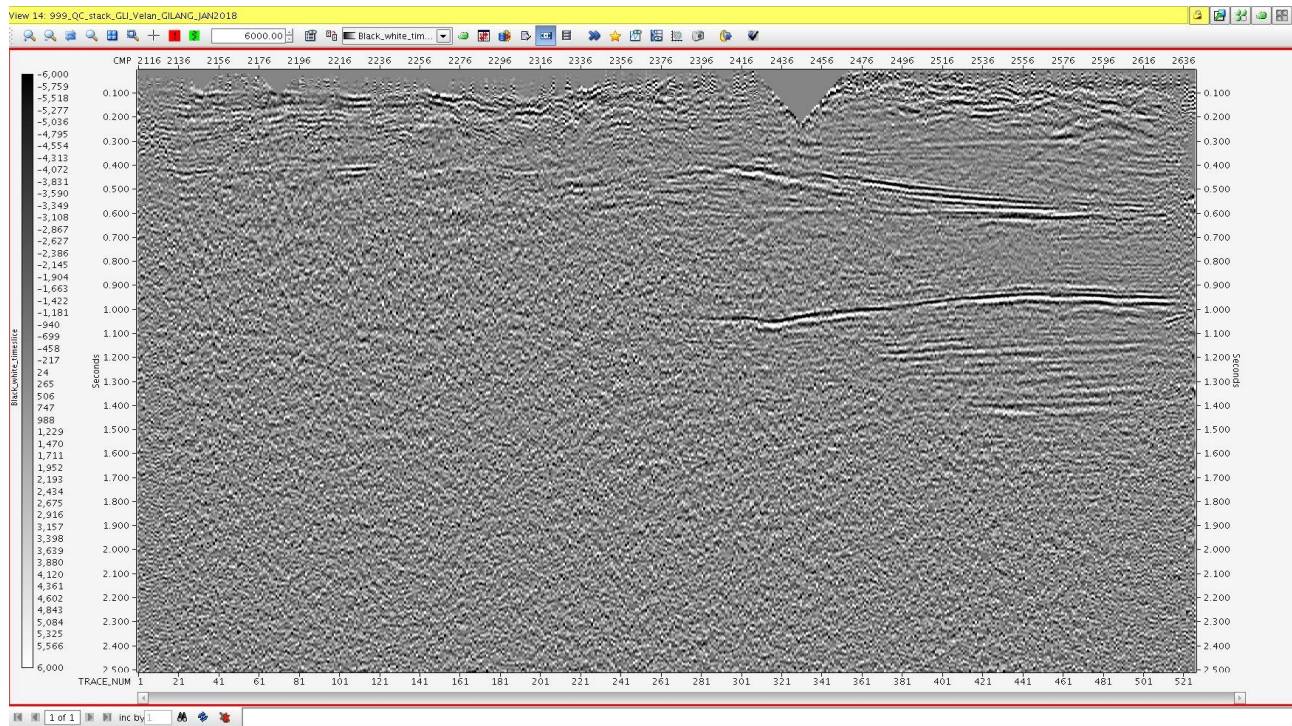
L3. Semblance 2215



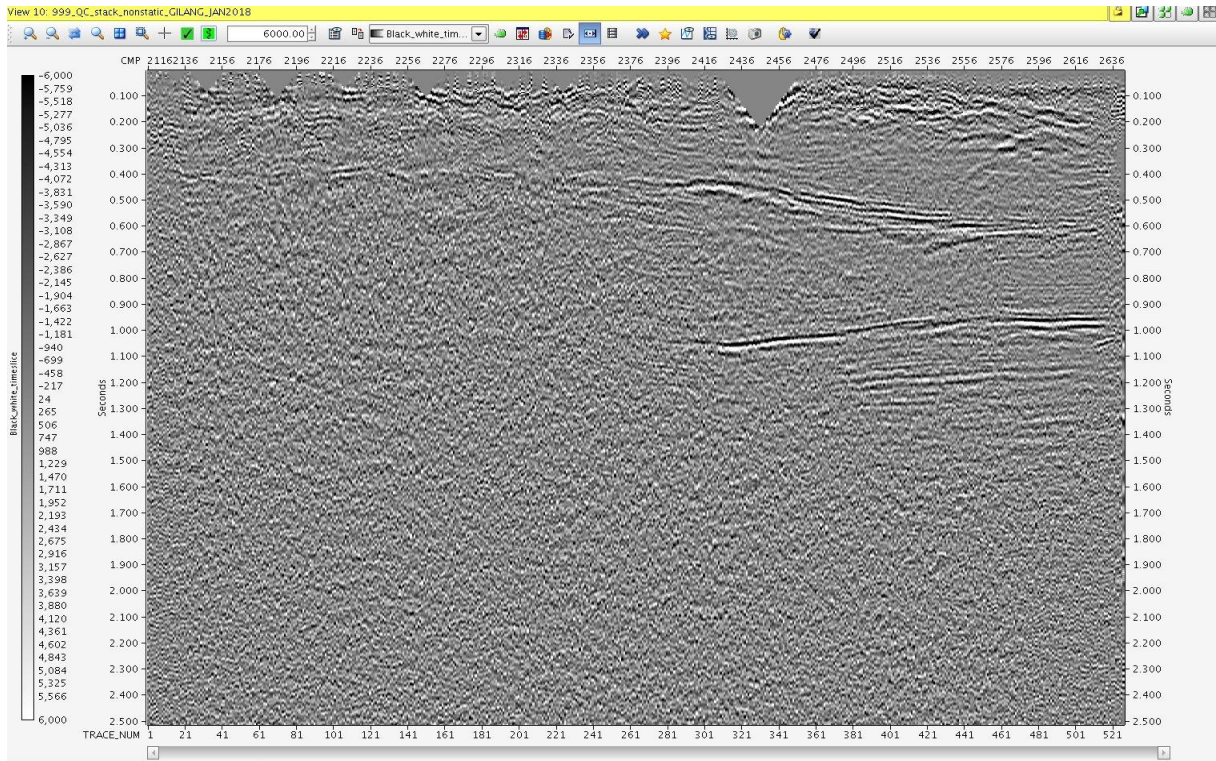
L4. Semblance 2275



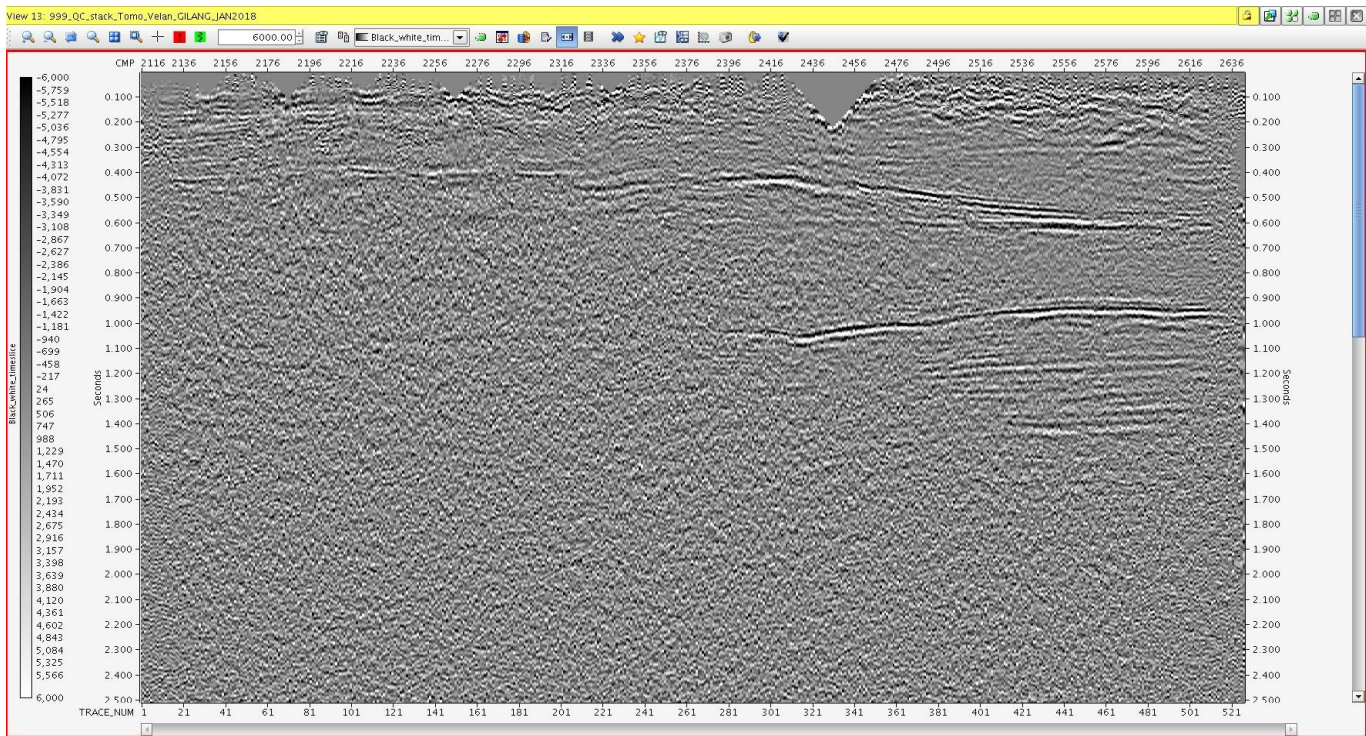
L5. Semblance 2475



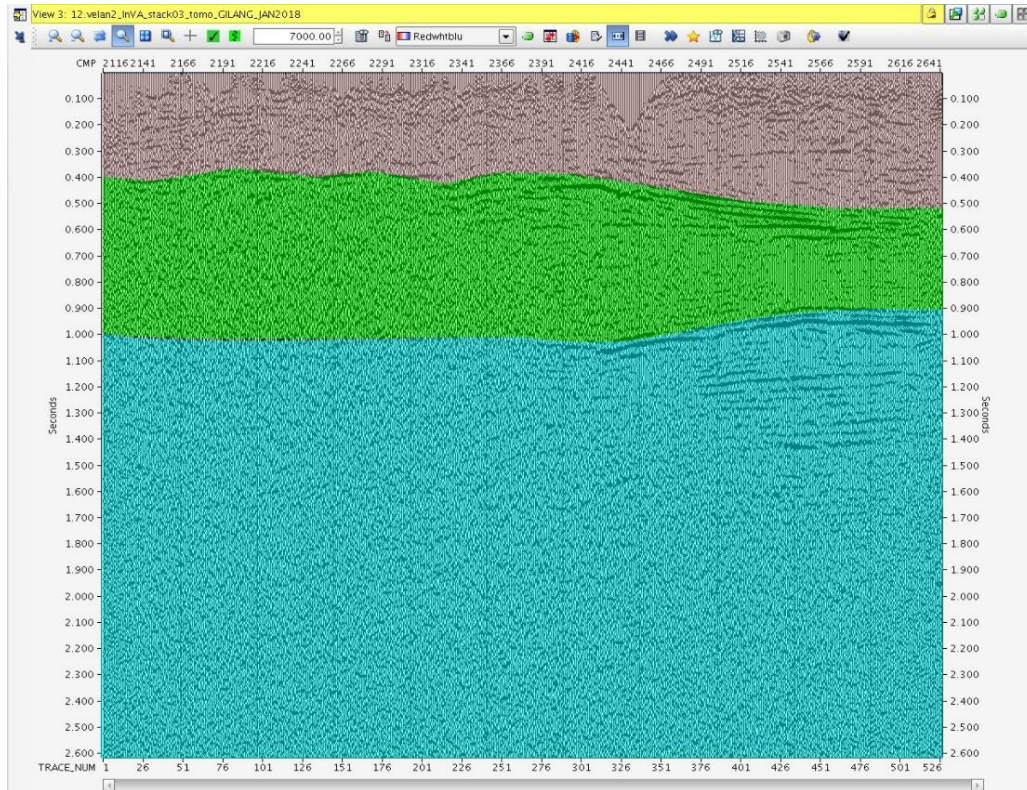
L7. Penampang stack tanpa koreksi statik



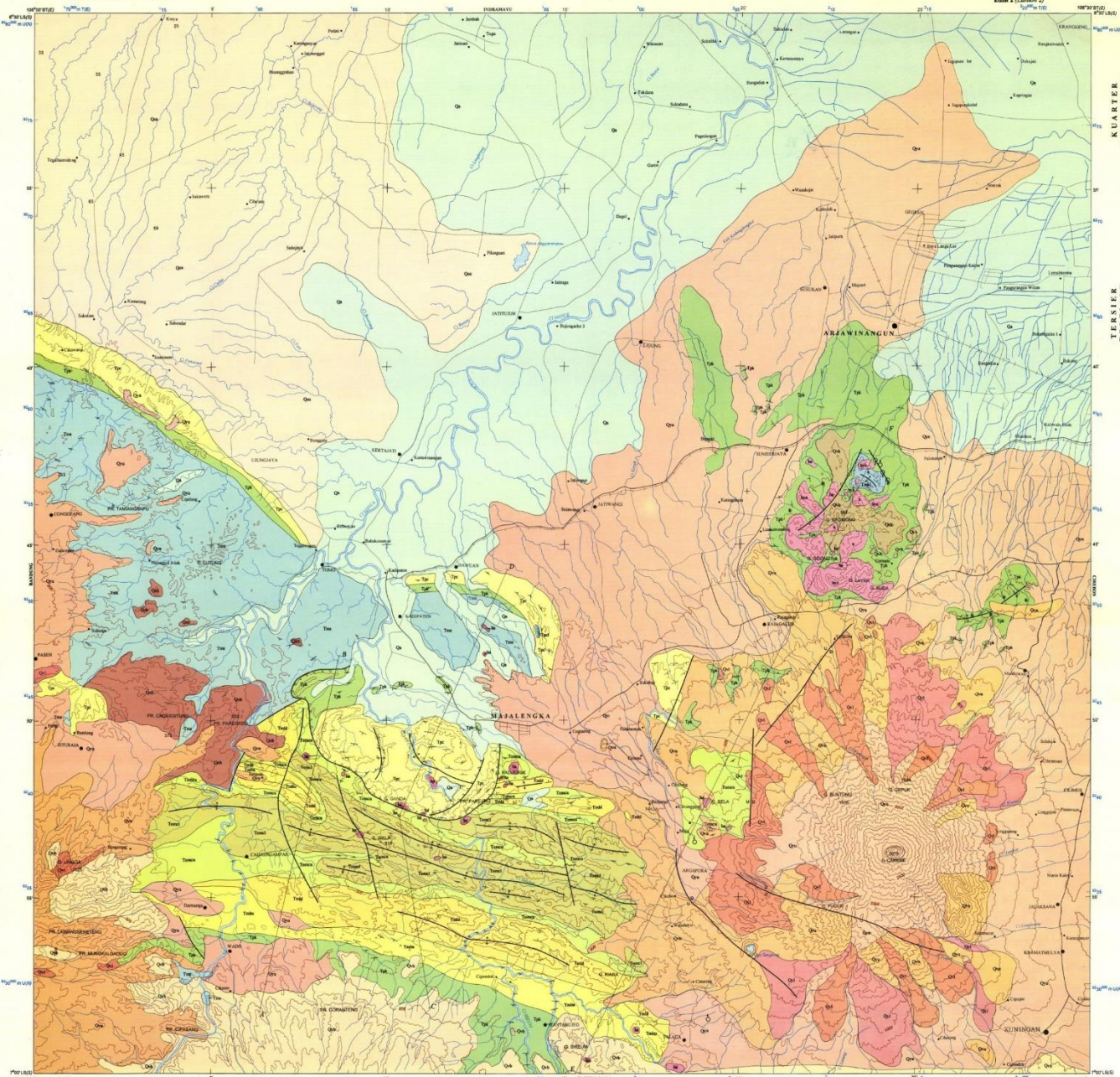
L8. Penampang stack seismik dengan koreksi statik GLI



L9. Pengampang stack seismik dengan koreksi *traveltime tomography*



L10. Penampang stack dengan interpretasi sederhana pembagian formasi



Batuan Sedimen dan Batuan Gangguan
Sedimentary and Intrusive Rocks

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

KETERANGAN
EXPLANATION

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

- Qn Alluvium
- Qa Alluvium
- Qd Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium
- Qs Alluvium
- Qm Alluvium
- Qp Alluvium
- Qr Alluvium

STATUS
Batas-batas dan simbol-simbol yang digunakan dalam peta ini berdasar pada hasil penelitian lapangan dan studi literatur. Untuk keperluan pemetaan, peta ini menggunakan sistem proyeksi Transverse Mercator dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran jarak, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran luas, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran tinggi, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran jarak, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran luas, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran tinggi, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955.

SURvei
Materi dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geologi lapangan dan metode geologi laboratorium. Untuk keperluan pemetaan, peta ini menggunakan sistem proyeksi Transverse Mercator dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran jarak, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran luas, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran tinggi, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran jarak, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran luas, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran tinggi, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955.

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

Peta dasar adalah peta skala 1:50.000 dan Datasheet geologi yang diterbitkan oleh Direktorat Geologi dan Pertambangan Mineral dan Batubara, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta, tahun 1975. Untuk keperluan pemetaan, peta ini menggunakan sistem proyeksi Transverse Mercator dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran jarak, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran luas, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955. Untuk keperluan pengukuran tinggi, peta ini menggunakan sistem proyeksi UTM dengan datum tahun 1955.

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

PETA GEOLOGI LEMBAR ARJAWINANGUN, JAWA
GEOLOGICAL MAP OF THE ARJAWINANGUN QUADRANGLE, JAWA

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

DAFTAR ISI
1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL PENELITIAN
4. PEMBAHASAN
5. KESIMPULAN
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

ANOKA GRID UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) PADA ZONA 48 M SPHEROID INDONESIA
THE UNIVERSAL TRANSVERSE MERKATOR (UTM) GRID ZONE 48 M SPHEROID NATIONAL SPHEROID
INDICATED BY 500 METRE INTERVAL

3.6 Diagram Alur Penelitian

Gambar 3.4 Diagram Alur Kerja Pengolahan Tugas Akhir