



TUGAS AKHIR - RF141501

INTEGRASI PENGOLAHAN DATA SEISMIC REFLEKSI DAN GRAVITASI DALAM PENCITRAAN BAWAH PERMUKAAN LINGKUNGAN SUB-VULKANIK

JEREMY GOHITUA MACARTHUR

NRP 3714100017

DOSEN PEMBIMBING:

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

19811002 201212 2 003

Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.

19840911 201404 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RF141501

**INTEGRASI PENGOLAHAN DATA SEISMIC REFLEKSI
DAN GRAVITASI DALAM PENCITRAAN BAWAH
PERMUKAAN LINGKUNGAN SUB-VULKANIK**

JEREMY GOHITUA MACARTHUR
NRP 3714100017

DOSEN PEMBIMBING:
Wien Lestari, S.T., M.T.
19811002 201212 2 003

Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.
19840911 201404 1 001

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

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

***INTEGRATION OF PROCESSING OF REFLECTION SEISMIC
DATA AND GRAVITY FOR SUB-SURFACE IMAGING IN
SUB-VOLCANIC ENVIRONMENT***

JEREMY GOHITUA MACARTHUR
NRP 3714100017

ADVISOR LECTURER:
Wien Lestari, S.T., M.T.
19811002 201212 2 003

Firman Syaifuddin, S.Si., M.T.
19840911 201404 1 001

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty Of Civil, Environment And Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

INTEGRASI PENGOLAHAN DATA SEISMİK REFLEKSI DAN GRAVITASI DALAM PENCITRAAN BAWAH PERMUKAAN LINGKUNGAN SUB-VULKANIK

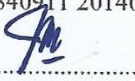
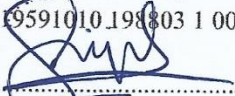
TUGAS AKHIR

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. Wien Lestari, S.T., M.T. (Pembimbing I)
NIP: 19811002 201212 2 003
- 
.....
2. Firman Syaifuddin, S.Si., M.T. (Pembimbing II)
NIP: 19840911 201404 1 001
- 
.....
3. Dr. Ir. Amien Widodo, MS. (Penguji I)
NIP: 19591010 198303 1 002
- 
.....
4. Moh. Singgih Purwanto, S.Si., MT (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

INTEGRASI PENGOLAHAN DATA SEISMIK REFLEKSI DAN GRAVITASI DALAM PENCITRAAN BAWAH PERMUKAAN LINGKUNGAN SUB-VULKANIK

Penulis : Jeremy Gohitua MacArthur
NRP : 3714100017
Departemen : Teknik Geofisika
Dosen Pembimbing : Wien Lestari, S.T., M.T
Firman Syaifuddin S.Si., M.T

ABSTRAK

Keberadaan dari beberapa jenis batuan yang merupakan batuan vulkanik yang berasal dari deposisi sub-vulkanik dapat menciptakan litologi kompleks dengan kerumitan respon gelombang pada reservoir level. Reflektor vulkanik yang diidentifikasi dari data seismik sangat rancu. Dibutuhkan integrasi dari beberapa metode untuk memecahkan permasalahan yang berhubungan dengan prediksi keberadaan reservoir pada lingkungan pengendapan kompleks. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data *forward modelling* dari zona sub-vulkanik cekungan Serayu Utara. Frekuensi rendah metode seismik dan metode gravitasi diharapkan dapat memberikan gambar terbaik penampang seismik dan informasi yang berelasi terhadap *petroleum system* di lingkungan zona sub-vulkanik, dimana pengolahan data seismik dengan metode konvensional tidak mampu bekerja dengan baik dan memberikan penggambaran yang kurang jelas terkait karakteristik gelombang yang memiliki resolusi rendah secara vertikal maupun horizontal. Pengintegrasian data dilakukan dalam proses pengolahan data. Model kecepatan pada data seismik digunakan sebagai model intial dalam proses inversi data gravitasi. Data hasil inversi metode gravitasi ditransformasikan ke dalam model kecepatan dengan menggunakan persamaan Gardner dan Mooney-Christensen. Model kecepatan dari data gravitasi digunakan dalam proses Spherical Divergence dalam proses pengolahan data seismik untuk meningkatkan kualitas data, khususnya pada bagian bawah formasi basalt. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan informasi bahwa data gravitasi dapat menggambarkan posisi dari formasi basalt, dimana gravitasi sensitif terhadap kontras besar nilai densitas batuan. Pada data seismik diperoleh informasi bahwa data seismik mengalami pengaburan data pada zona bagian bawah formasi basalt, sehingga tercipta ambiguitas yang tinggi dalam proses pengidentifikasian zona batas formasi dan struktur geologi. Hasil pengintegrasian data gravitasi dengan data seismik dapat meningkatkan kualitas

data dengan menunjukan batas formasi dan struktur geologi yang ada pada bagian bawah lapisan basalt.

Kata Kunci : *Frekuensi Rendah, Integrasi Data, Seismik, Sub-vulkanik Klastik*

INTEGRATION OF PROCESSING OF REFLECTION SEISMIC DATA AND GRAVITY FOR SUB-SURFACE IMAGING IN SUB-VOLCANIC ENVIRONMENT

Author : Jeremy Gohitua MacArthur
Student ID Number : 3714100017
Department : Teknik Geofisika
Advisor Lecturer : Wien Lestari, S.T., M.T
Firman Syaifuddin S.Si., M.T

ABSTRACT

The existence of several rock types such volcanic rocks which derived from sub-volcanic deposition can produce a complex lithology with the complexity of wave response at reservoir level. The identified volcanic reflections from the seismic data are very ambiguous and requires integration of several methods to solve problems that related with the presence of reservoirs prediction in complex deposition environments. This study used forward data modeling from sub-volcanic zone of North Serayu basin. Low-frequency seismic and gravity methods were expected could provide better seismic cross-section images and information about petroleum systems around sub-volcanic zone, where conventional seismic data processing was not able to perform well and provide unclear description of waves characteristics which has a low resolution vertically or horizontally. Data integration is done in data processing. The velocity model in seismic data were used as a core model in the gravity data inversion process. The gravity method inversion data is transformed into velocity model by using Gardner and Mooney-Christensen equations. The velocity model of gravity data was used in the Spherical Divergence process in seismic data processing to improve data quality, especially at the bottom of the basalt formation. As the result from data processing, gravity data can describe the position of the basalt formation, where gravity is sensitive to high contrast of rock density value. Seismic data are fade away at the lower zone of basalt formation and make high ambiguity in process of identifying boundary zone of formation and geological structure. The results of integration gravity data with seismic data can improve the quality of data by showing the boundary of formation and geological structure that exist at the bottom of the basalt layer.

Keyword : Integration Method, Low Frequency, Seismic, Sub-vulcanic Clastic

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan YME karena dengan Kasih dan Karunia-Nya Sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “Integrasi Pengolahan Data Seismik Refleksi dan Gravitasi Dalam Pencitraan Bawah Permukaan Lingkungan Sub-Vulkanik” dapat terselesaikan.

Pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Adik dan semua keluarga atas dukungan dan doa yang selalu ditujukan kepada penulis selama kuliah terutama selama menjalani Tugas Akhir ini.
2. Ibu Wien Lestari, S.T, M.T dan Bapak Firman Syaifuddin, S.Si, M.T selaku pembimbing.
3. Seluruh Tim Integrasi Pencitraan Lingkungan Sub-Vulkanik (Irsyad, Nuha, Fikri) yang selalu menemani dan mendukung penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2014 atas bantuan dan dukungannya.
5. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2013, 2015 dan 2016 atas dukungannya.
6. Seluruh dosen dan pegawai administrasi Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
7. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu oleh penulis, terima kasih banyak atas doa dan dukungannya.

Semoga Tuhan membalas semua kebaikan semua pihak. Penulis menyadari tentunya penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 19 Juli 2018

Jeremy Gohitua MacArthur
NRP. 3714100017

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan **“Integrasi Pengolahan Data Seismik Refleksi Dan Data Gravitasi Dalam Pencitraan Bawah Permukaan Lingkungan Sub-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, 19 Juli 2018



Jeremy Gohitua MacArthur
NRP. 3714100017

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II. DASAR TEORI	3
2.1 Penelitian Sebelumnya	3
2.2 Geologi Regional	4
2.3 Stratigrafi Regional	9
2.2.1 Formasi Rambatan.....	9
2.2.2 Formasi Halang	9
2.2.3 Formasi Kumbang	10
2.2.4 Formasi Tapak.....	10
2.3 Metode Gravitasi	10
2.4 Hubungan Parameter Kecepatan dan Densitas	11
2.5 Metode Inversi Gravitasi.....	12
2.6 Metode Seismik Refleksi	13

2.6.1	Koreksi Statik.....	13
2.6.2	Deconvolution.....	14
2.6.3	Analisa Kecepatan.....	15
2.6.4	<i>Normal Moveout (NMO) Correction</i>	16
BAB III. METODOLOGI		19
3.1	Alat dan Bahan	19
3.2	Diagram Alir Penelitian	19
3.3	Alur Penelitian.....	21
3.3.1	<i>Forward Modelling</i> Daerah Penelitian.....	21
3.3.2	Pengolahan Data Gravitasi	25
3.3.3	Pengolahan Data Seismik.....	28
3.3.4	Integrasi Data Gravitasi dan Seismik	38
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Hasil Pengolahan Data Gravitasi	41
4.2	Hasil Pengolahan Data Seismik	44
4.3	Integrasi Data Seismik dan Data Gravitasi	47
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1.	Kesimpulan.....	55
5.2.	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		59
PROFIL PENULIS.....		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil Penampang Seismik Hasil Residual Statik(Ghazalli dkk., 2016). Reflektor kuat yang ditunjukkan pada gambar diidentifikasi sebagai zona lapisan basalt.	3
Gambar 2.2 Interpretasi Lintasan Seismik Hasil Integrasi dengan Metode Gravitasi(Pratama dkk., 2018) . Zona batuan vulkanik diidentifikasi pada zona merah dengan batas antara sedimen dan vulkanik memiliki bentuk kurva yang mirip dengan trend anomali bouguer metode gravitasi.	4
Gambar 2.3 Fisiografi Zona Serayu (Husein dkk., 2015)	5
Gambar 2.4 Sistem Petroleum Daerah Cekungan Serayu, Jawa Tengah dengan Thrust Fold sebagai Trap pada Formasi Reservoir yang ditutupi Lapisan Basalt (Bemmelen (1949) dimodifikasi oleh Satyana (2015))	8
Gambar 2.5 Tektonostratigrafi Kenozoikum Zona Serayu (Asikin dkk., 1992).	9
Gambar 2.6 Prinsip dasar Hukum Gravitasi Newton (Indriana, 2008)	11
Gambar 2.7 Koreksi elevasi antara shot point dan batas lapisan lapuk (a) shot point dibawah lapisan lapuk (b) shot point diatas lapisan lapuk ...	14
Gambar 2. 8 CMP gather single event yang belum dilakukan koreksi (b)koreksi NMO dengan kecepatan moveout yang pas, (c)Overcorrection, kecepatan terlalu rendah 2000m/s, (d)Undercorrection kecepatan terlalu tinggi 2500 m/s (Yilmaz, 2001).	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Forward Modelling Data.....	21
Gambar 3.3 Data Forward Gravitasi Pada Matlab	22
Gambar 3.4 Model Serayu Utara Berdasarkan R.v. Bemmelen, 1949.....	22
Gambar 3.5 Data CMP 251 Hasil Permodelan Data Seismik Dimana Minimnya Event Probabilistik pada Far Ofset yang Dapat Mengurangi Penggambaran pada Zona yang Dalam.....	24
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data Gravitasi.....	25
Gambar 3.7 Model Kecepatan Hasil Analisa Kecepatan Data Seismik	26
Gambar 3.8 Model Dasar Domain Densitas Sebagai Model Dasar Inversi Data Gravitasi	27
Gambar 3.9 Diagram Alir Pengolahan Data Seismik	28
Gambar 3.10 Tabel Shot Spread – Sheet yang berisi informasi identitas source	29
Gambar 3.11 Tabel Receiver Spread – Sheet yang berisi informasi identitas receiver.....	29
Gambar 3.12 Posisi Elevasi Shot dan Receiver	30
Gambar 3.13 Fold Coverage Data	30
Gambar 3.14 (a) Control Point (b) Picking First Break Gelombang Seismik...	31

Gambar 3.15 Model Kecepatan Hasil Picking First Break Data	31
Gambar 3.16 Hasil Stacking Data Proses Prediktif Deconvolution	32
Gambar 3.17 Hasil Stacking Data Proses Spherical Divergence.....	33
Gambar 3.18 Analisa Kecepatan Data Seismik.....	34
Gambar 3.19 Model Kecepatan Hasil Analisa Kecepatan Data Seismik	34
Gambar 3.20 Analisa Kecepatan Menggunakan Informasi Dari Data Gravitasi	35
Gambar 3.21 Model Kecepatan dari Data Gravitasi.....	36
Gambar 3.22 Model Kecepatan Hasil Analisa Kecepatan Data Seismik Menggunakan Informasi dari Data Gravitasi	36
Gambar 3.23 (a) CMP 500 Setelah Dilakukan Bandpass (b) CMP 500 Sebelum Dilakukan Bandpass	37
Gambar 3.24 (a) Penampang Data Seismik Sebelum Dilakukan Proses Trace Mix (b) Penampang Data Seismik Setelah Dilakukan Trace Mix	38
Gambar 4.1 Penampang Densitas Metode Gravitasi Hasil Inversi	42
Gambar 4.2 Penampang Hasil Pengolahan Data Seismik	45
Gambar 4.3 Penampang Data Seismik Menggunakan Model Kecepatan dari Data Gravitasi Sebagai Model Kecepatan Proses NMO Data.....	48
Gambar 4.4 Penampang Data Seismik Hasil Integrasi Data Gravitasi dan Data Seismik	50
Gambar 4.5 Overlay Penampang Data Seismik Hasil Integrasi Data Gravitasi	52
Gambar 1 Model Kecepatan Tanpa Menggunakan Metode Gravitasi Dalam Proses Spherical Divergence	59
Gambar 2 Model Kecepatan Menggunakan Metode Gravitasi Dalam Proses Spherical Divergence	59
Gambar 3 Overlay Penampang Data Seismik Pengolahan Mandiri Terhadap Model Awal.....	60
Gambar 4 Overlay Penampang Data Seismik Menggunakan Model Kecepatan Data Gravitasi.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Fisis Batuan	23
Tabel 3.2 Parameter Permodelan Seismik	23

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi migas merupakan energi yang tidak dapat terpisahkan dari kehidupan manusia. Secara kontras dengan tren produksi, konsumsi migas di Indonesia menunjukkan tren naik yang stabil, yaitu sebesar 30 ribu barel pertahun (BP Statistical Review of World Energy, 2016). Hal ini mengakibatkan Indonesia mengimpor migas sekitar 350.000 sampai 500.000 barel bahan bakar per hari dari beberapa negara. Ketua Ikatan Teknik Perminyakan Indonesia (IATMI), Tutuka Ariadji mengatakan bahwa tidak mungkin dunia eksplorasi migas berhenti ketika konsumsi terus menaik, sementara produksi terus menurun.

Dunia eksplorasi sangat bergantung pada bagaimana dan dimana sumber migas (*source rock*) terbentuk. Secara geologi, kebanyakan *source rock* terbentuk pada endapan sedimen organik yang telah tertimbun pada cekungan dalam periode tertentu. *Source rock* ini kemudian disebut sebagai blok-blok migas konvensional. Eksplorasi perangkap migas konvensional saat ini tidak dapat mencukupi konsumsi migas di Indonesia. Sehingga diperlukan cara dan teknologi untuk mengeksplorasi perangkap migas selain di daerah cekungan tersebut, salah satunya adalah perangkap migas di daerah vulkanik. Keberadaan migas di daerah vulkanik ini memiliki tingkat keakuratan yang lebih rendah, namun bukan berarti tidak ada. Terbukti dengan ditemukannya *oil seep* pada beberapa kompleks gunung, seperti di Blok Banten, Majalengka, Banyumas, dan Serayu Utara (Satyana, 2015). Hal tersebut disebabkan oleh data seismik yang digunakan tidak dapat membaca data bawah permukaan daerah vulkanik (*blur*) karena gelombang seismik teratenuasi oleh besarnya densitas batuan beku vulkanik. Pada penelitian sebelumnya, dikatakan bahwa dibutuhkan frekuensi maksimal sebesar 5 Hz untuk dapat menembasi kedalaman target di daerah vulkanik. Frekuensi kecil tersebut dimaksudkan agar dapat mencapai penetrasi kedalaman yang tinggi (Ghazalli dkk., 2016). Namun, terdapat masalah lain dengan digunakannya frekuensi rendah tersebut, yaitu kualitas resolusi *imaging* bawah permukaan menjadi tidak sedetil apabila menggunakan frekuensi yang lebih besar sehingga menimbulkan multi interpretasi pada data seismik.

Integrasi dengan data gravitasi digunakan untuk melengkapi informasi data seismik yang rancu. Data seismik merupakan data yang berisi informasi mengenai kecepatan rambat gelombang ketika merambat pada medium bumi, sementara data gravitasi berisi data densitas bawah permukaan bumi. Data gravitasi nantinya akan dikonversi menjadi data kecepatan untuk menggantikan data seismik yang *blur* sehingga diharapkan dapat memberikan pencitraan bawah permukaan yang lebih detil.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Bagaimana respon *forward modelling* metode gravitasi dan seismik di lingkungan vulkanik?
2. Bagaimana korelasi hasil metode gravitasi untuk meningkatkan kualitas data seismik?
3. Bagaimana hasil integrasi metode gravitasi dan metode seismik dalam meningkatkan pencitraan bawah permukaan daerah sub vulkanik?

1.3 Batasan Masalah

Data yang digunakan adalah data *forward modelling* daerah geologi kompleks zona sub vulkanik dari cekungan Serayu Utara, untuk mendapatkan respon dari metode gravitasi dan metode seismik. Pengolahan awal dilakukan pengolahan data seismik menggunakan metode konvensional hingga PSTM. Data gravity tidak perlu dilakukan *pre processing* dikarenakan *forward* data dalam kondisi ideal. Data kemudian dilakukan inversi untuk mendapatkan penampang densitas dengan kontrol model kecepatan pengolahan data seismik. Penampang densitas di konversi menjadi data kecepatan yang akan digunakan untuk analisis kecepatan pada data seismik.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui respon *forward modelling* metode gravitasi dan seismik di lingkungan vulkanik.
2. Mengetahui korelasi hasil metode gravitasi untuk meningkatkan kualitas data seismik.
3. Mengetahui hasil integrasi pengolahan metode gravitasi dan metode seismik dalam meningkatkan pencitraan bawah permukaan daerah sub vulkanik.

1.5 Manfaat

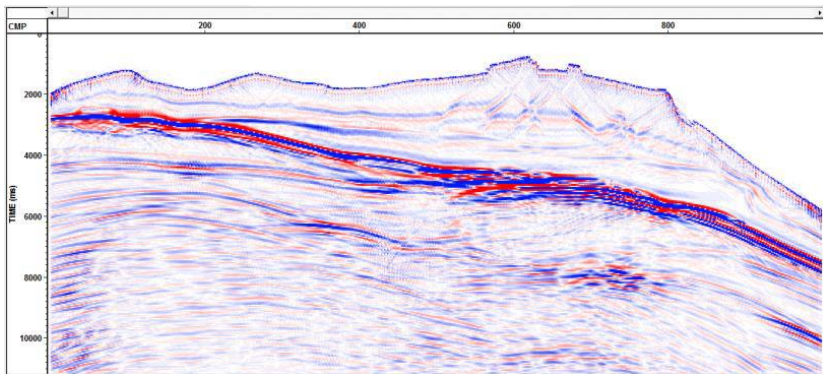
Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini:

1. Bagi akademisi, sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai eksplorasi geofisika di daerah vulkanik.
2. Bagi pemerintah dan perusahaan eksplorasi, sebagai acuan bentuk parameter akuisisi untuk kegiatan eksplorasi kembali.

BAB II. DASAR TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

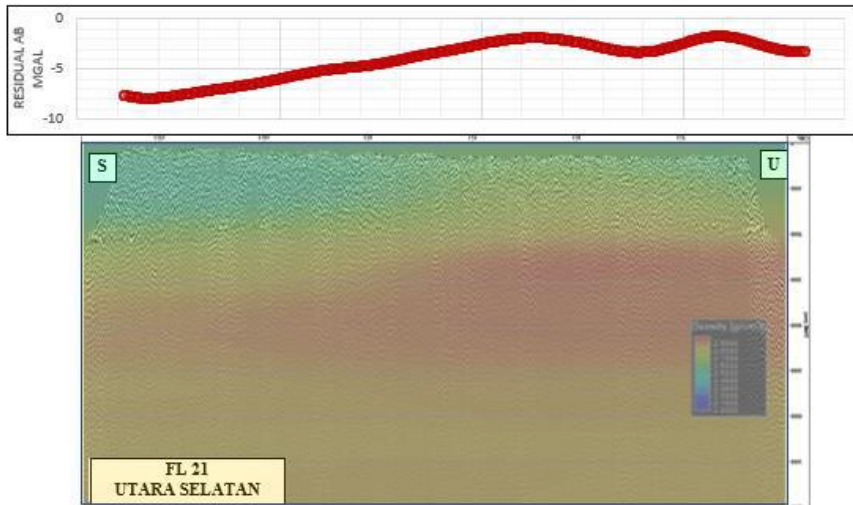
Menurut Muhammad Ghazalli dkk tentang Permodelan Data Seismik Lingkungan Vulkanik bahwa rentan sinyal yang mampu terekeam pada lingkungan vulkanik sangat kecil dengan rentan 2 Hz-6 Hz. Hal ini diakibatkan oleh perlunya panjang gelombang yang besar yang diharapkan mampu melewati lapisan vulkanik. Ditemukan pada proses *forward modelling* fenomena multiple pada model, yang mana terlihat pada respon seismik dibawah lapisan vulkanik dan mengalami efek peredaman akibat kontras kecepatan yang besar. Pada proses permodelan, elevasi menjadi faktor yang mempengaruhi kualitas data. Hal ini diakibatkan oleh posisi shot dan receiver yang tidak sama pada seluruh lintasan. Guna meminimalisir pengaruh tersebut, dilakukan koreksi statik.



Gambar 2.1 Hasil Penampang Seismik Hasil Residual Statik(Ghazalli dkk., 2016). Reflektor kuat yang ditunjukan pada gambar diidentifikasi sebagai zona lapisan basalt.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh M. Fikri Putra P dkk mengenai Integrasi Metode Megnetotellurik dan Metode Gravity Untuk Meningkatkan Imaging Seismik Pada Daerah Vulkanik diketahui bahwa gelombang seismik frekuensi tinggi tidak dapat menembus lapisan vulkanik. Guna mengetahui gambaran bawah batuan vulkanik dapat digunakan integrasi data dengan metode gravitasi dan magnetotellurik. Berdasarkan integrasi terhadap metode gravitasi, didapatkan lokasi indikasi keberadaan lapisan batuan vulkanik dengan memanfaatkan *trend residual anomaly bouguer*. Nilai gravitasi sangat sensitif terhadap perubahan densitas secara vertikal terhadap kedalaman.

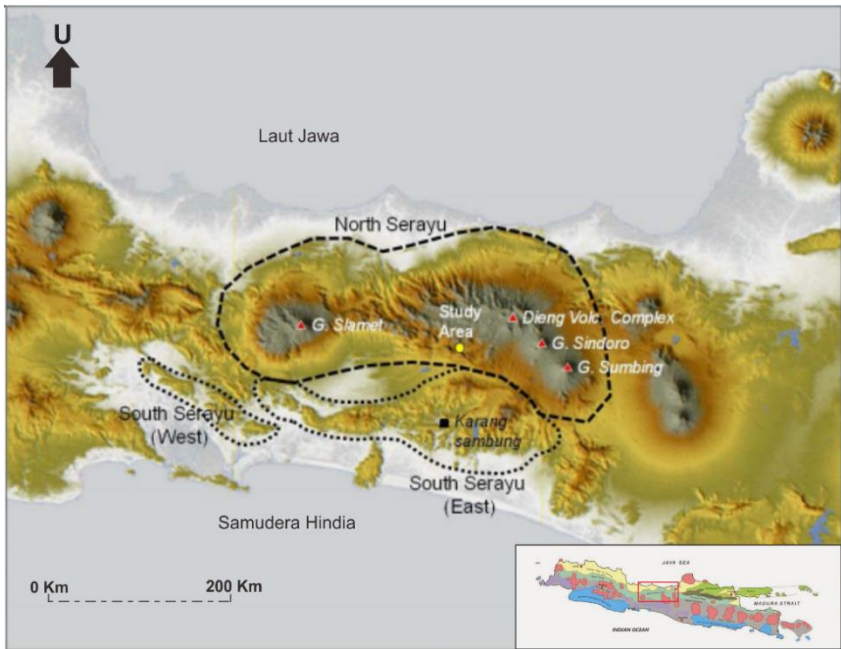
Dalam penelitian fungsi data gravitasi membantu dalam proses identifikasi zona lapisan basalt untuk mengurangi efek ambiguitas dalam proses interpretasi.



Gambar 2.2 Interpretasi Lintasan Seismik Hasil Integrasi dengan Metode Gravitasi (Pratama dkk., 2018). Zona batuan vulkanik diidentifikasi pada zona merah dengan batas antara sedimen dan vulkanik memiliki bentuk kurva yang mirip dengan trend *anomaly bouguer* metode gravitasi.

2.2 Geologi Regional

Fisiografi orogenik Jawa Tengah dibentuk oleh dua jalur pegunungan utama, yaitu Zona Serayu Selatan dan Zona Serayu Utara. Dalam sejarah geologinya, kedua jalur pegunungan tersebut juga berperan sebagai cekungan sedimenter.



Gambar 2.3 Fisiografi Zona Serayu (Husein dkk., 2015) .

Zona Serayu Utara hanya terdiri dari satu jalur pegunungan berarah timur-barat, dengan geometri melengkung membuka ke arah selatan, dan kedua ujungnya ditempati oleh gunungapi Kuarter. Ujung bagian timur dimulai dari penjajaran G. Sumbing dan G. Sindoro berarah baratlauttenggara, yang dilanjutkan dengan kehadiran kompleks vulkanik Dieng ke arah barat-baratlaut. Ujung barat Zona Serayu Utara ditandai dengan kehadiran G. Slamet.

Stratigrafi regional dan deformasi tektonik kedua zona Serayu tersebut memiliki keterkaitan satu dengan lainnya. Zona Serayu Selatan memiliki batuan-batuan pra-Tersier dan Paleogen yang tersingkap ke permukaan di daerah Karangsambung. Kompleks Luk-Ulo yang berumur Kapur Akhir, serta Formasi Karangsambung dan Formasi Totogan yang berumur Paleogen, terbentuk oleh proses longsor gravitasional laut dalam pasca kolisi antara Sundaland dan lempeng kontinen mikro Jawa Timur (Hall, 2012), dimana fragmen aneka bahan (batuan metamorfik, batuan beku, batuan sedimen laut) bercampur-bancuh dalam massa dasar batulempung. Terdapat perkembangan karakter sedimentasi yang menarik dari *matrix-dominated* pada Kompleks Luk-Ulo dan Formasi Karangsambung menjadi lebih *fragment-dominated* pada Formasi Totogan (Asikin dkk., 1992). Hal ini dapat mengindikasikan semakin

mendangkalnya lingkungan sedimentasi dan semakin kuatnya pengangkatan Karangsambung saat Paleogen Akhir.

Memasuki Oligosen Akhir, Jawa Tengah diduga mengalami segmentasi tektonik busur vulkanik yang telah dimulai semenjak Eosen Tengah (Hall, 2012), dengan berkembangnya busur vulkanik di Zona Serayu Selatan dan terbentuknya peregangan cekungan belakang busur di Zona Serayu Utara. Vulkanisme Serayu Selatan ditandai dengan pengendapan Formasi Gabon di tepi selatan. Menurut van Bemmelen (1949), breksi vulkanik Gabon sebagai bagian dari Zona Pegunungan Selatan Jawa Tengah) dan Formasi Waturanda di bagian tengah Zona Serayu Selatan. Formasi Gabon tersusun atas breksi andesit, setempat tuf lapili, lava, dan lahar, dimanasebagian besar litologi tersebut telah mengalami alterasi(Asikin dkk., 1992). Sedangkan Formasi Waturanda terdiri atas batupasir vulkanik di bagian bawah, mengandung sisipan napal tufan, dan berubah menjadi breksi andesit di bagian atas.

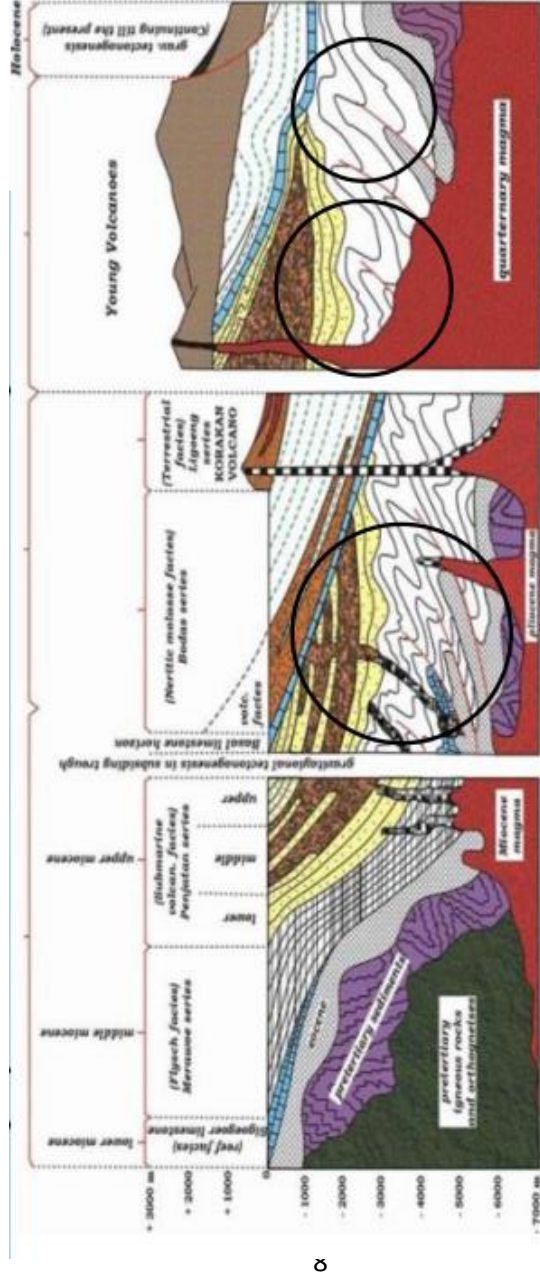
Ke arah utara, Formasi Rambatan mulai diendapkan semenjak Miosen Awal di lingkungan lereng cekungan belakang busur yang labil, menutupi kelompok sedimen gravitasional Wora-wari yang lebih dahulu terbentuk saat Oligosen Akhir akibat pembukaan cekungan belakang busur Serayu Utara (kelompok Wora-wari dimasukkan dalam Formasi Totogan oleh Condon, 1996). Formasi Rambatan terdiri dari batupasir karbonatan dan konglomerat dengan perselingan serpih, napal, dan tuff. Meskipun Condon dkk. (1996) menempatkan perkembangan Formasi Rambatan dimulai Miosen Awal, Lunt dkk. (2009) menduga umur dari Formasi Rambatan lebih muda, yaitu Miosen Tengah (N10-N15).

Memasuki Miosen Tengah, vulkanisme Serayu Selatan berkurang intensitasnya, yang kemungkinan disebabkan oleh efek rotasi berlawanan arah jarum jam yang dialami oleh Sundaland yang mempengaruhi proses subduksi di selatan Jawa saat itu. Pada masa ini, batugamping terumbu Formasi Kalipucang menutupi tinggian vulkanik Formasi Gabon(Asikin dkk., 1992), dan batulempung gampingan Formasi Penosogan berkembang di bagian yang lebih dalam di Busur Vulkanik Serayu Selatan. Napal dan tuf masih dijumpai menyisip dalam Formasi Penosogan (Asikin dkk., 1992). Ke utara, Formasi Penosogan menjemari dengan Formasi Rambatan yang masih terus diendapkan selama Miosen Tengah. Miosen Akhir ditandai perkembangan busur vulkanik ganda (double-arc) di Jawa Tengah, dengan reaktifasi vulkanisme Serayu Selatan yang bersamaan munculnya vulkanisme Serayu Utara (Gambar 3). Secara umum, pada periode ini, batupasir vulkanik Formasi Halang mendominasi kedua zona. Fraksi kasar dan fragmen vulkanik disumbangkan oleh Formasi Peniron di Zona Serayu Selatan dan Formasi Kumbang untuk Zona Serayu Utara(Condon dkk., 1996).

Pada periode ini, dapat dianggap bahwa cekungan belakang busur Serayu Utara telah berubah menjadi busur vulkanik.

Perubahan konfigurasi tektonik regional diduga kembali terjadi pada kala Pliosen, ditandai dengan berhentinya aktifitas vulkanisme Serayu Selatan dan berkurangnya intensitas vulkanisme Serayu Utara. Hall (2012) mengaitkannya dengan fase akhir rotasi Sundaland. Pada masa tectonic quiescence ini, sedimentasi batupasir gampingan Formasi Tapak berlangsung di kedua zona Serayu. Fragmen moluska banyak dijumpai dalam Formasi Tapak (Asikin dkk., 1992a). Lunt dkk., (2009) menempatkan awal sedimentasi Tapak di Miosen Akhir (N17). Semakin ke atas, Formasi Tapak semakin menghalus. Di daerah Serayu Utara, anggota Tapak yang tersusun atas napal dan batulempung gampingan dinamakan Formasi Kalibiuk, dan nama Formasi Kaliglagah bagi yang mengandung lignit(Djuri dkk., 1996). Pada periode tectonic quiescence Pliosen inilah proses perlipatan di zona Serayu Selatan dan Serayu Utara berlangsung intensif.

Plistosen ditandai dengan reaktifasi Busur Vulkanik Serayu Utara, dengan serangkaian aktifitas vulkanisme di lingkungan darat oleh Ligung, Mengger, Gintung dan Linggopodo untuk bagian barat, dan vulkanisme Ligung, Damar, dan Kaligetas untuk bagian timur. Vulkanisme Plistosen tersebut dilanjutkan dengan vulkanisme Holosen oleh Jembangan, Dieng, Sumbing, dan Sindoro untuk bagian timur(Condon dkk., 1996), dan vulkanisme Slamet untuk bagian barat(Djuri dkk., 1996). Tingginya aktifitas vulkanisme Kuartir di Zona Serayu Utara tersebut diduga menghasilkan volcanic load yang besar yang dapat memicu pengangkatan isostatik Zona Serayu Selatan sebagai proses deformasi paling akhir dan yang paling berperan menghasilkan bentukan fisiografi yang tampak saat ini di kedua zona tersebut. Pada periode ini, akibat pengangkatan isostatik yang intensif, bagian inti Zona Serayu Selatan mengalami proses denudasi yang paling besar hingga menyingkapkan batuan-batuan pra-Tersier dan Paleogen di Karangsambung.



Gambar 2.4 Sistem *Petroleum* Daerah Cekungan Serayu, Jawa Tengah dengan Thrust Fold sebagai Trap pada Formasi Reservoir yang ditutupi Lapisan Basalt (Bemmelen (1949) dimodifikasi oleh Satyana (2015))

batupasir. Formasi Halang merupakan jenis endapan sedimen turbidit pada zona batial atas (Kastowo dan Suwarna, 1996). Umur Formasi Halang adalah Miosen Akhir dan mempunyai ketebalan 390-2600 meter. Praptisih dan Kamtono (2009) menyatakan Formasi Halang Bagian Atas disusun oleh batupasir, batulempung, dan perselingan antara batupasir dan batulempung. Pada perselingan batupasir dan batulempung dicirikan oleh batupasir yang berwarna abu-abu, halus-kasar, tebal lapisan 10-20 cm, struktur sedimen per lapisan bersusun, laminasi sejajar, dan Batulempung berwarna kehitaman, tebal 0,5-10 cm.

2.2.3 Formasi Kumbang

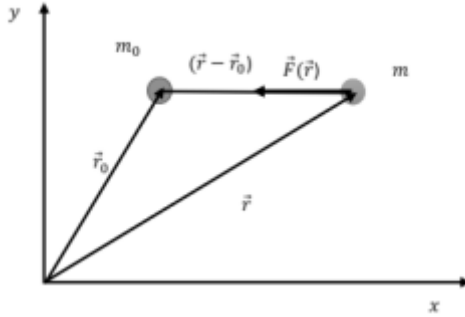
Formasi Kumbang terdiri dari breksi, lava andesit, tuf, di beberapa tempat breksi batupasir dan tuf pasir (Djuri dkk., 1996). Terdapat juga aliran lava andesit dan basalt (Condon dkk., 1996) menyatakan umur formasi ini Miosen Tengah-Pliosen Awal. Formasi Kumbang merupakan endapan turbidit dari suatu sistem kipas bawah laut (upper fan) yang dipengaruhi oleh kegiatan vulkanisme (Kartanegara dkk., 1987).

2.2.4 Formasi Tapak

Formasi Tapak tersusun atas batupasir berbutir kasar berwarna kehijauan dan konglomerat, setempat breksi andesit. Di bagian atas terdiri dari batupasir gampingan dan napal berwarna hijau yang mengandung kepingan moluska (Djuri dkk., 1996). Anggota breksi Formasi Tapak terdiri dari breksi gungapi dan batupasir tufan (Condon dkk., 1996). Anggota Batugamping Formasi Tapak merupakan lensa-lensa gamping tak berlapis yang berwarna kelabu kekuningan. Umur dari Formasi Tapak adalah Pliosen Awal-Pliosen Tengah. Ketebalan dari formasi ini berkisar antara 500-1650 meter (Kartanegara dkk., 1987).

2.3 Metode Gravitasi

Prinsip hukum Newton tentang gaya tarik menarik antara partikel mendasari prinsip metode gravitasi. Hukum Newton tersebut menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua partikel dengan massa m_1 dengan m_2 yang terpisah sejauh r dari pusat massanya sebanding dengan perkalian massa dengan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Pada gambar (1) dapat dilihat prinsip gaya gravitasi.



Gambar 2.6 Prinsip dasar Hukum Gravitasi Newton (Indriana, 2008)

Metode gravitasi ini mengukur medan gravitasi, medan gravitasi dari partikel, medan gravitasi ini adalah besarnya gaya prsatuan massa pada satu titik sejauh $\vec{r} - \vec{r}_0$:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\vec{r}}}{m} = -G \frac{m_o r_o}{|\vec{r} - \vec{r}_0|^2} \times \frac{(\vec{r} - \vec{r}_0)}{|\vec{r} - \vec{r}_0|} \quad (2.1)$$

$\vec{F}_{\vec{r}}$ adalah gaya yang bekerja pada m oleh adanya m dan memiliki arah berlawanan dengan arah $\vec{r} - \vec{r}_0$ yaitu dari m menuju m_o dan G adalah konstanta umum gravitasi yang bernilai $6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg}$.

2.4 Hubungan Parameter Kecepatan dan Densitas

Tiap batuan memiliki nilai parameter fisis yang menunjukkan karakteristik tiap batuan. Hubungan antar parameter fisis dapat digunakan dalam mengetahui informasi karakteristik batuan dalam menginterpretasikan kondisi geologi lingkungan penelitian. Hubungan parameter densitas dan kecepatan digunakan dengan membedakan antar jenis batuan.

Berdasarkan Persamaan Gardner, konsep ini dapat diterapkan pada jenis batuan sedimen, dengan interval kecepatan yang berlaku $1.5 < V_p < 6.1$ (km/s).

$$\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) = 1.74 V_p^{0.25} \left(\frac{km}{s} \right) \quad (2.3)$$

Pada batuan kristalin dengan interval kedalaman 10 km, persamaan () dapat digunakan dengan interval kecepatan $5.5 < V_p < 7.5$ (km/s).

$$\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) = 0.541 + 0.36 V_p \left(\frac{km}{s} \right) \quad (2.4)$$

Persamaan yang dikemukakan oleh Christensen dan mooney (1995) dapat digunakan pada batuan basalt, diabase dan gabbro dengan syarat merupakan batuan kerak bumi dengan kedalaman 10 km dan interval kecepatan $5.9 < V_p < 7.1$ (km/s).

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) = & 1.6612V_p \left(\frac{km}{s} \right) - 0.0671V_p^2 \left(\frac{km}{s} \right) + 0.0671V_p^3 \left(\frac{km}{s} \right) \\ & - 0.0043V_p^3 \left(\frac{km}{s} \right) + 0.000106V_p^5 \left(\frac{km}{s} \right) \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} V_p \left(\frac{km}{s} \right) = & 39.128\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) - 63.064\rho^2 \left(\frac{g}{cm^3} \right) + 37.083\rho^3 \left(\frac{g}{cm^3} \right) \\ & - 9.181\rho^4 \left(\frac{g}{cm^3} \right) + 0.822\rho^5 \left(\frac{g}{cm^3} \right) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Persamaan diatas berlaku untuk interval kecepatan $1.5 < V_p < 8.5$ (km/s) dan berlaku untuk batuan kerak bumi, terkecuali batuan benua ultramafic dan batuan karbonat.

2.5 Metode Inversi Gravitasi

Dalam penggabungan dua data atau lebih, metode inversi digunakan untuk memperhitungkan tingkat kesalahan data dalam proses penyelesaian inversi. Pada prosesnya, data yang memiliki tingkat ketelitian yang rendah memiliki porsi yang lebih kecil agar hasil inversi dapat merepresentasikan hasil yang baik. Hal ini memanfaatkan proses pembobotan data dalam penyelesaian inversi (Sayed dan Selim, 2016).

Dengan menggunakan notasi matriks, data anomali gravitasi (d) merupakan fungsi distribusi rapat massa dengan hubungan linear yang tertera pada persamaan :

$$d = G \times m \quad (2.7)$$

dimana G merupakan matriks kernel dan M merupakan vektor model. Mengingat data pengukuran hanya terdapat pada permukaan memotong anomali sehingga jumlah data jauh lebih kecil dari jumlah parameter model yang dicari (*under-determined*). Solusi inversi yang digunakan dengan meminimumkan *norm* model dengan model inversi dinyatakan sebagai berikut :

$$d = G^T (G G^T + \lambda I)^{-1} d \quad (2.8)$$

dengan λ adalah faktor redaman yang dapat digunakan untuk mengurangi *over-fitting* yaitu respon model yang sama persis dengan data, termasuk noise yang ada pada data. Hal itu disebabkan oleh faktor pada pemodelan inversi *purely under-determined* kesalahan prediksi data $E=0$ (Grandis, 2009).

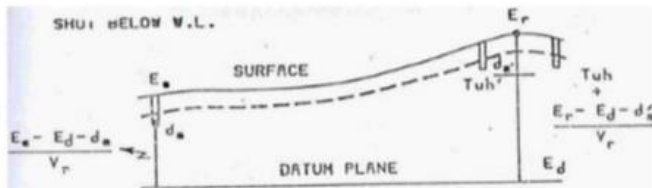
2.6 Metode Seismik Refleksi

Metode seismik refleksi merupakan metode geofisika aktif yang memanfaatkan sumber seismik buatan, dimana arah rambatan gelombang bergerak ke segala arah dan mengalami pemantulan maupun pembiasan sebagai akibat dari perbedaan kecepatan ketika melalui perlapisan medium yang berbeda. Pada jarak tertentu pada permukaan, gerakan partikel direkam sebagai fungsi waktu. Berdasarkan data tersebut dapat diperkirakan bentuk lapisan / struktur bawah permukaan (Telford dkk., 1976).

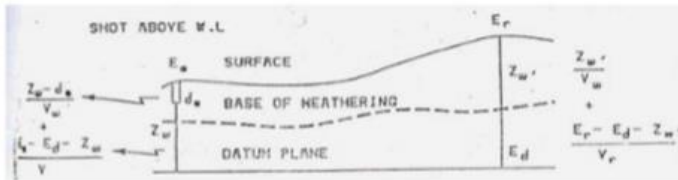
Gelombang seismik dibedakan menjadi dua tipe berdasarkan medium perambatannya, yaitu Gelombang Badan (*Body Wave*) dan Gelombang Permukaan (*Surface Wave*). Gelombang Badan dibedakan lagi menjadi dua tipe berdasarkan cara bergetarnya, yaitu Gelombang Longitudinal atau disebut Gelombang P (*Primary*) dan Gelombang Transversal atau disebut Gelombang S (*Shear*). Sementara itu, Gelombang Permukaan juga dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu Gelombang Rayleigh (disebut *ground-roll*), Gelombang Love (disebut gelombang *Shear-Horizontal*) dan Gelombang Stoneley (disebut gelombang Tabung). Pada saat dilakukan pengukuran yang dalam eksplorasi seismik, Gelombang P, S dan Gelombang Permukaan terekam dengan pola yang berbeda-beda sehingga gelombang-gelombang tersebut dapat dikenali dengan mudah.

2.6.1 Koreksi Statik

Koreksi statik merupakan Salah satu permasalahan yang terjadi dalam pengolahan data seismik adalah adanya ketidakcocokan antara data hasil rekaman dengan keadaan yang sebenarnya. Salah satu penyebab terjadinya hal ini dikarenakan adanya elevasi kedudukan antara shotpoint dan receiver yang tidak terletak pada datum yang sama. Dan juga adanya lapisan lapuk (*weathering layer*) yang akan mempengaruhi kecepatan gelombang seismik. Sehingga perlu dilakukan adanya koreksi untuk masalah statik ini, yaitu koreksi statik. Koreksi statik terdiri dari dua hal, yaitu koreksi elevasi dan koreksi refraksi. Koreksi elevasi dilakukan untuk menempatkan posisi shot dan receiver pada level datum yang sama.



a



b

Gambar 2. 7 Koreksi elevasi antara *shot point* dan batas lapisan lapuk (a) *shot point* dibawah lapisan lapuk (b) *shot point* diatas lapisan lapuk

2.6.2 Deconvolution

Dekonvolusi meningkatkan resolusi temporal dari data seismik dengan mengekstraksi nilai koefisien refleksi dari *wavelet*. Gelombang seismik yang dijalarkan ke dalam bumi mengalami proses konvolusi (*filtering*). Bumi bersikap sebagai filter terhadap energi seismik tersebut. Akibat dari filter ini, bentuk gelombang seismik (*wavelet*) yang semula tajam dan tinggi amplitudonya (dalam domain waktu) menjadi lebih lebar dan menurun amplitudonya (melar/*stretching*)(Simm dan Bacon, 2014). Dekonvolusi bertujuan untuk :

- Menghilangkan *multiple* dan *ringing*
- Meningkatkan resolusi vertikal
- Memperbaiki penampilan dari *stacked section* sehingga menjadi lebih mudah untuk diinterpretasi (memiliki kemiripan dengan model geologi)

Dekonvolusi terdiri dari dua jenis, yaitu dekonvolusi deterministik dan statistik. Dekonvolusi deterministik adalah dekonvolusi yang menggunakan operator filter yang sudah diketahui atau didesain untuk menampilkan suatu bentuk tertentu(Sheriff, 2002). Contoh dari dekonvolusi deterministik adalah *spiking deconvolution*. Dekonvolusi statistik adalah proses dekonvolusi dimana desain filter tidak diketahui sehingga untuk memperolehnya digunakan data statistik dari data seismik itu sendiri. Contoh dekonvolusi statistik adalah dekonvolusi prediktif.

a. Dekonvolusi prediktif

Dekonvolusi prediktif adalah suatu filter yang berusaha untuk menghilangkan efek *multiple*. Dekonvolusi prediktif dilakukan dengan cara mencari bagian-bagian yang bisa diprediksi dari *trace* seismik untuk kemudian dihilangkan. Dekonvolusi prediktif biasanya digunakan untuk :

- Prediksi dan eliminasi *event-event* yang berulang secara periodik seperti *multiple* periode panjang maupun pendek.
- Prediksi dan eliminasi ‘ekor’ *wavelet* yang panjang dan kompleks.

b. Dekonvolusi *spike*

Dekonvolusi *spike* bertujuan untuk menghasilkan keluaran yang *spike* sehingga sesuai dengan deret reflektivitas. Proses ini meminimumkan selisih antara masukan, yang berusaha konvolusi antara deret reflektivitas dan *wavelet* sumber, dan keluaran yang diinginkan, yaitu deret reflektivitas yang berbentuk *spike*. Dekonvolusi *spike* biasanya digunakan untuk mengeliminasi *multiple* periode pendek dan *wavelet* sumber.

2.6.3 Analisa Kecepatan

Kecepatan gelombang seismik dalam formasi bawah permukaan adalah salah satu informasi penting yang akan digunakan untuk konversi data seismik dari domain waktu ke domain kedalaman (Dondurur, 2018). Dalam pengukuran di lapangan, faktor yang mempengaruhi kecepatan penalaran gelombang seismik adalah petrologi dan geologi. Permasalahan yang timbul biasanya adalah adanya struktur geologi yang kompleks sehingga menimbulkan variasi kecepatan terhadap kedalaman. Hal itulah yang menyebabkan masalah dalam penentuan posisi struktur dan masalah pada waktu dilakukan proses migrasi. Maka dari itu, analisis kecepatan adalah proses yang sangat penting dalam pengolahan data seismik. Kecepatan yang biasanya digunakan dalam eksplorasi seismik adalah sebagai berikut :

a. Kecepatan interval

Kecepatan interval dirumuskan sebagai berikut :

$$VI = \frac{\Delta z}{\Delta t} \quad (2.9)$$

Dimana Δt adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan penalaran sejauh Δz dan VI adalah kecepatan interval.

b. Kecepatan rata-rata

Merupakan kecepatan interval sepanjang suatu penampang geologi dengan menganggap bahwa puncak dari interval adalah datum referensi untuk pengukuran seismik. Dalam matematika dapat ditulis sebagai berikut :

$$\bar{V} = \frac{VI_1 \Delta t_1 + VI_2 \Delta t_2 + \dots + VI_n \Delta t_n}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n} = \frac{\sum_{i=1}^n VI_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (2.10)$$

c. Kecepatan sesaat atau *instataneous*

Merupakan kecepatan yang diukur dengan log kecepatan. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$VE = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{dz}{dt}$$

$$VID_{n-1,n} = \left(\frac{VRMS^2_n To_n - VRMS^2_{n-1} To_{n-1}}{To_n - To_{n-1}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

d. Kecepatan *Root Mean Square* (RMS)

Merupakan akar kuadrat dari kecepatan interval. Persamaannya sebagai berikut :

$$V_{RMS} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n VI_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

e. Kecepatan NMO

Merupakan kecepatan yang diperlukan untuk melakukan proses NMO dengan benar. Persamaannya adalah :

$$V_{NMO} = \left(\frac{X_x^2 - X_1^2}{T_x^2 - T_0^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

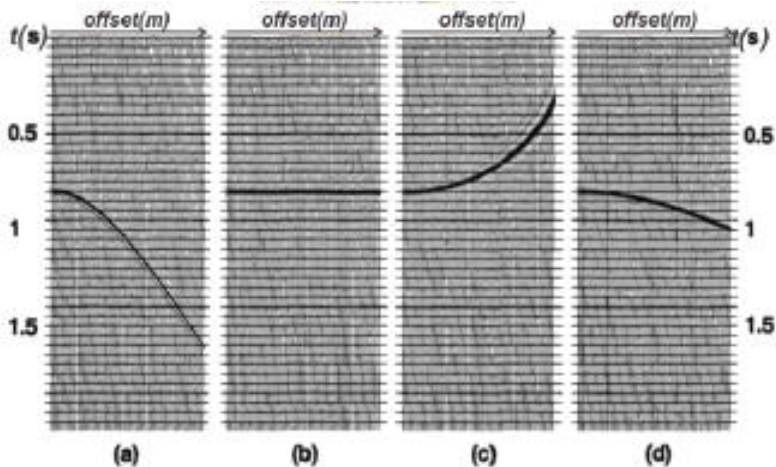
Faktor-faktor penting yang berpengaruh dalam penjalaran gelombang seismik adalah sebagai berikut :

- Sifat elastis dan densitas batuan
- Porositas
- Tekanan, baik tekanan dari luar (efek *over burden*) atau tekanan pori
- Tempratur, dimana mengakibatkan batuan mencair akibat tingginya tempratur
- Sejarah terjadinya
- Umur batuan

2.6.4 *Normal Moveout (NMO) Correction*

Normal Moveout (NMO) adalah perbedaan antara dua kali waktu tempuh gelombang refleksi pada *offset* tertentu dengan dua kali waktu tempuh gelombang refleksi pada *offset* nol. Koreksi NMO dilakukan untuk

menghilangkan efek jarak atau dengan kata lain membawa seluruh refleksi seismik pada CMP *gather* ke *offset* nol.



Gambar 2. 8 CMP gather single event yang belum dilakukan koreksi (b)koreksi NMO dengan kecepatan moveout yang pas, (c)Overcorrection, kecepatan terlalu rendah 2000m/s, (d)Undercorrection kecepatan terlalu tinggi 2500 m/s (Yilmaz, 2001)

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

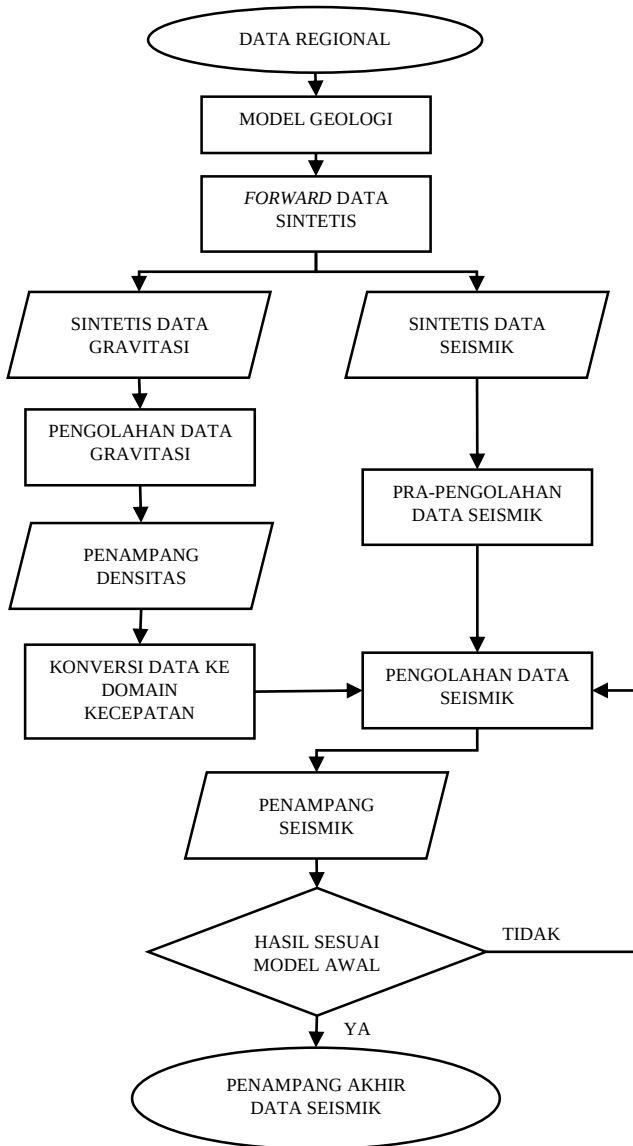
BAB III. METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data *forward modelling* daerah geologi kompleks zona sub vulkanik dari cekungan Serayu Utara, untuk mendapatkan respon dari metode gravitasi dan metode seismik daerah penelitian. Pengolahan awal dilakukan pengolahan data seismik menggunakan metode konvensional hingga *stacking* data seismik. Data gravitasi yang didapatkan merupakan data dalam kondisi ideal, sehingga tidak perlu dilakukan *pre-processing*. Data gravitasi kemudian dilakukan proses inversi untuk mendapatkan penampang densitas. Data penampang densitas anomali bouguer dari metode gravitasi dikonversi menjadi data kecepatan yang akan digunakan untuk analisis kecepatan pada data seismik, dalam proses pengolahan data seismik. Kedua data hasil pengolahan kemudian dilakukan integrasi untuk mengevaluasi zona penelitian serta memberikan masukan untuk proses optimalisasi desain akusisi untuk mendapatkan gambaran terbaik bawah permukaan.

3.2 Diagram Alir Penelitian

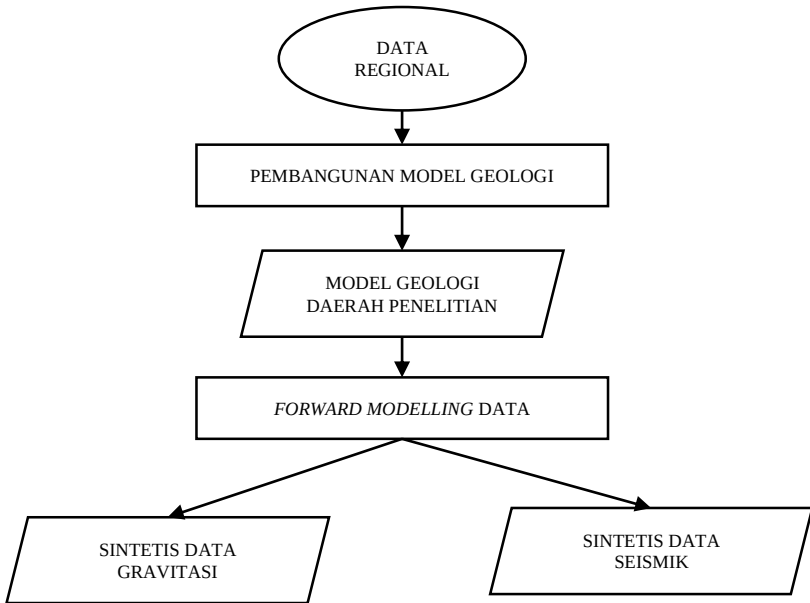
Penelitian yang akan dilaksanakan memiliki kerangka berpikir yang digambarkan pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Alur Penelitian

3.3.1 *Forward Modelling* Daerah Penelitian

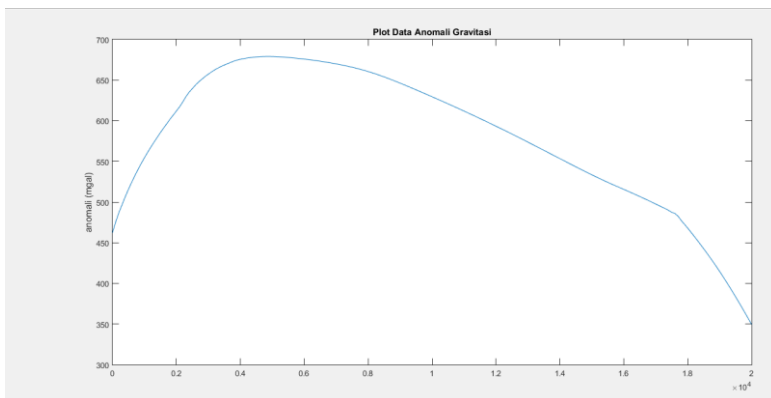


Gambar 3.2 Diagram Alir *Forward Modelling* Data

Pembangunan model geologi mengacu pada data geologi regional lokasi penelitian guna memiliki kondisi yang mirip dengan kondisi aslinya. *Forward modelling* data bertujuan untuk mendapatkan respon dari kedua metode pada model geologi yang dibangun. Data gravitasi yang didapatkan berupa nilai gravitasi tiap titik, dan data seismik berbentuk segy data.

3.3.1.1. *Forward* Data Gravitasi

Data gravitasi didapatkan menggunakan permodelan dengan matlab guna mendapatkan informasi nilai anomali model. Titik observasi dilakukan dengan interval data sebesar 100 m. Input model geologi berdasarkan model yang digunakan pada permodelan kedepan data seismik yang di *export* dalam domain segy dengan increment sebesar 20 m antar wiggle.

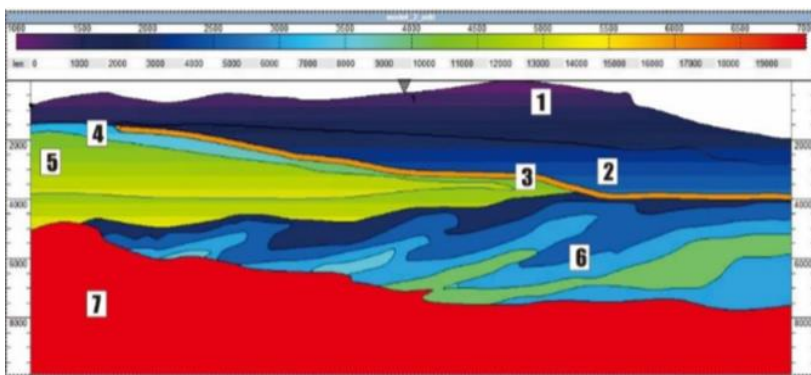


Gambar 3.3 Data *Forward* Gravitasi Pada Matlab

Berdasarkan data hasil *forward* diperoleh interval nilai anomali bouguer antar 350 – 700 mgal dengan grafik anomali yang mengikuti lapisan basalt penutup reservoir. Hal ini disebabkan karena kontras nilai densitas yang sangat besar dengan lapisan atas basalt sehingga terbaca pada hasil *forward* data.

3.3.1.2. *Forward* Data Seismik

Data model *petroleum system* daerah Serayu Utara menggunakan referensi dari Van Bemmelen (1949). Model memiliki dimensi panjang sebesar 20 km dengan kedalaman 10 km.



Gambar 3.4 Model Serayu Utara Berdasarkan R.v. Bemmelen, 1949

Tabel 3.1 Parameter Fisis Batuan

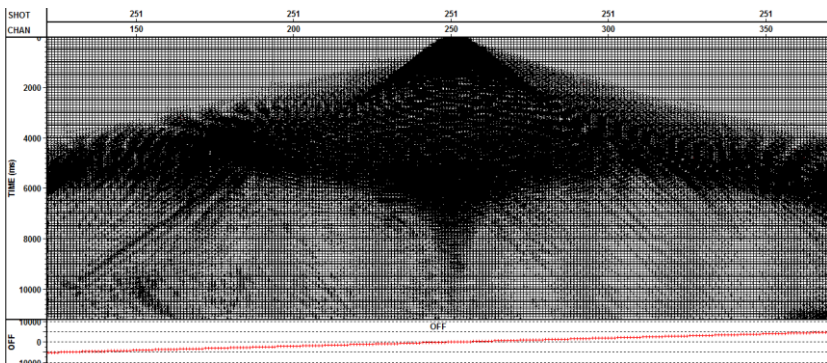
No.	Tipe Lapisan	Vp (m/s)	Densitas (kg/m ³)	Ketebalan (m)
1	Soil	1000 - 1800	1565	4000
2	Batupasir	2000	2010	1000
3	Basalt	6000	2650	200
4	Fasies Vulkanik	3000-5000	2200	3400
5	Fasies Vulkanik	2000-3000	2350	2000
6	Batupasir	2000-3000	2200	3500
7	Basement Vulkanik	7000	2970	3000

Data tipe lapisan batuan serta informasi parameter fisis batuan didasarkan pada data rata-rata nilai fisis tipe batuan yang mengambil referensi dari software pemodelan seismik dengan kedalaman dan tipe lapisan berdasarkan data referensi model geologi dari buku “Geology of Indonesia” karangan R.v. Bemmelen (1949).

Tabel 3.2 Parameter Permodelan Seismik

No.	Parameter	Nilai
1	Grid	20 meter
2	Frekuensi	30 Hz
3	Shot Interval	200 meter
4	Total Shot	101 shot
5	Receiver Interval	40 meter
6	Total Receiver	501 receiver

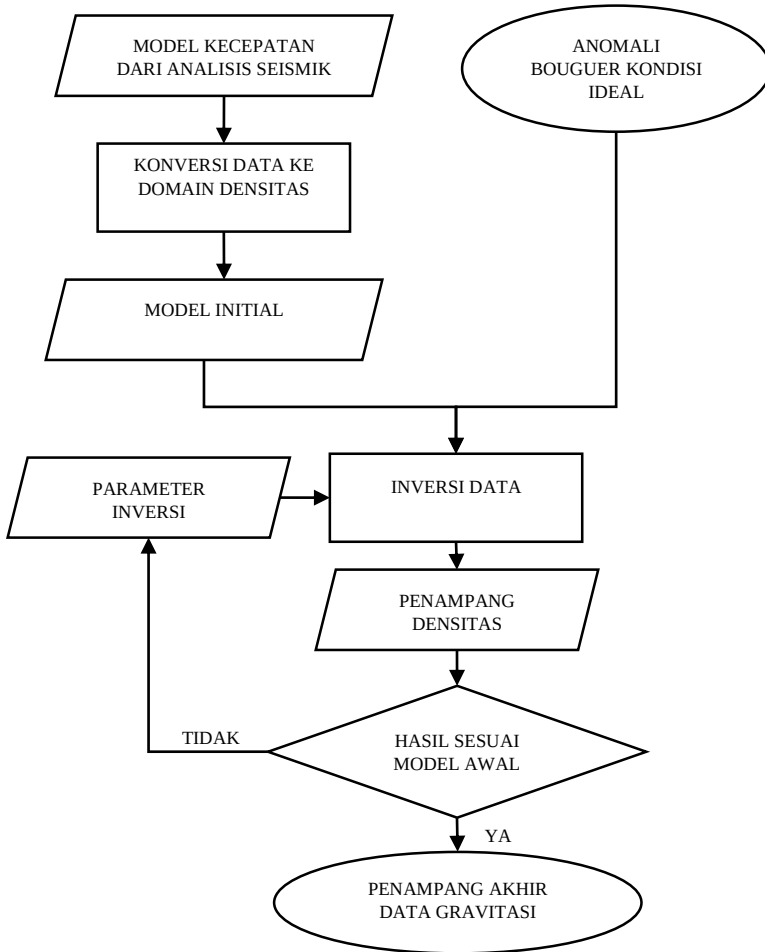
Parameter permodelan seismik berdasarkan hasil tes parameter dengan mendapatkan fold coverage terbaik dengan mendapatkan event probabilitistik terbanyak. Metode akuisisi data menggunakan metode *fix station* untuk receivernya.



Gambar 3.5 Data CMP 251 Hasil Permodelan Data Seismik Dimana Minimnya Event Probabilistik pada Far Ofset yang Dapat Mengurangi Penggambaran pada Zona yang Dalam

Pemilihan frekuensi shot harus memperhatikan berbagai faktor, jika frekuensi yang diberikan tinggi maka akan memberikan energi yang besar yang berakibat amplitudo yang terekam akan besar, hal ini bagus tetapi pemilihan frekuensi yang tinggi memiliki resiko pendeknya panjang gelombang sehingga sulit untuk melakukan penetrasi pada lapisan yang dalam. Sebaliknya, frekuensi rendah memiliki panjang gelombang yang lebih panjang sehingga dapat melakukan penetrasi pada lapisan dalam.

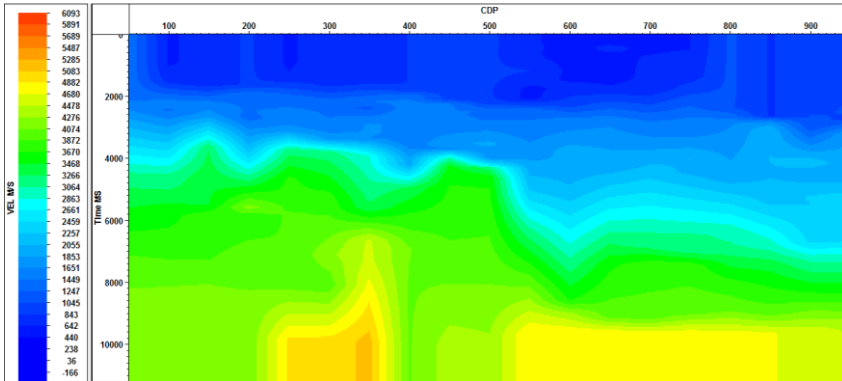
3.3.2 Pengolahan Data Gravitasi



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data Gravitasi

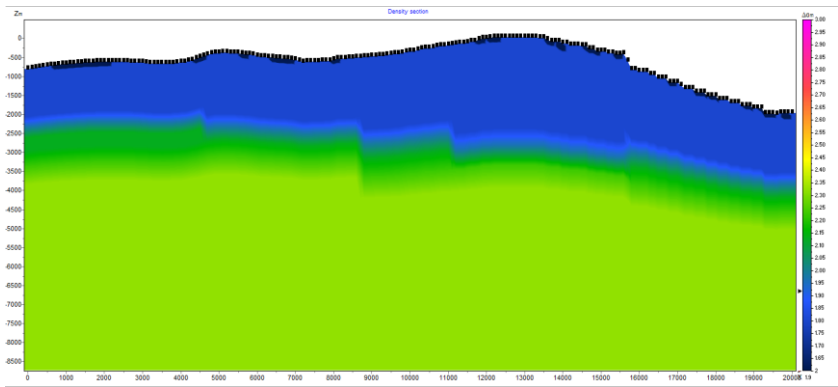
Data sintetik yang diperoleh dalam kondisi ideal, sehingga tidak memerlukan koreksi yang cukup berarti. Pembangunan model dasar menggunakan data hasil analisa kecepatan dari data seismik yang telah dikonversi ke dalam domain densitas. Proses inversi dilakukan berulang kali dengan variasi parameter inversi untuk mendapatkan model penampang densitas yang sesuai dengan model awal.

Hasil permodelan kedepan berupa nilai anomali bouguer per titik dengan interval antar titik 100 m kemudian dilakukan inversi untuk memperoleh gambaran bawah permukaan data daerah penelitian. Proses inversi memerlukan model dasar yang berguna sebagai model awal dalam inversi data gravitasi. Dasar model awal dari inversi gravitasi menggunakan model dari hasil analisa kecepatan dari data seismik.



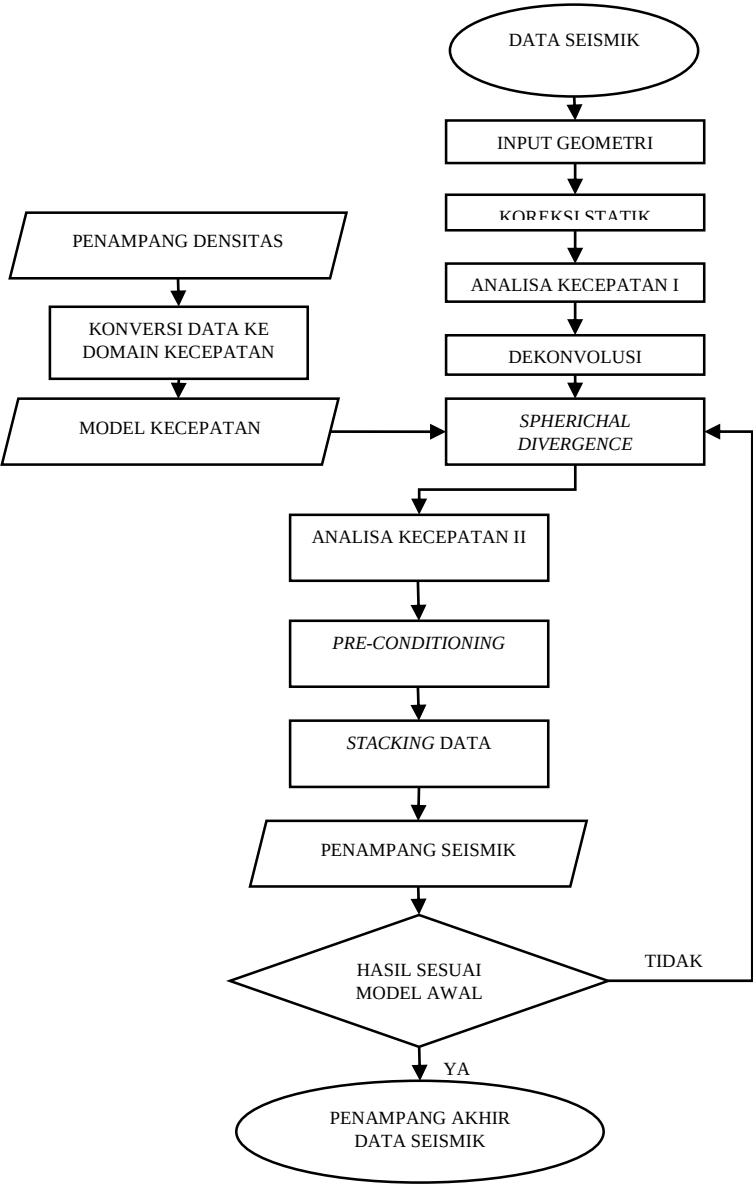
Gambar 3.7 Model Kecepatan Hasil Analisa Kecepatan Data Seismik

Data hasil analisa kecepatan dari data seismik dengan domain m/s dikonversi ke dalam domain densitas memakai persamaan Gardner, sebagai acuan pembuatan model dasar dalam proses inversi data. Kemudian dimasukan informasi topografi ke dalam model *initial* untuk meningkatkan keakuratan data hasil inversi, mengingat proses *forward* data gravitasi memperhitungkan efek topografi. Pada model intial dapat diketahui adanya 2 lapisan utama, dimana menurut asumsi penulis kontak antar lapisan adalah zona basalt.



Gambar 3.8 Model Dasar Domain Densitas Sebagai Model Dasar Inversi Data Gravitasi

3.3.3 Pengolahan Data Seismik



Gambar 3.9 Diagram Alir Pengolahan Data Seismik

Proses pengolahan data seismik dilakukan dengan memasukkan data geometri, koreksi statik, dekonvolusi sinyal, penggunaan analisis kecepatan, koreksi NMO dan *stacking*. Output dari proses ini adalah penampang seismik dalam bentuk Post stack Time Migration. Analisis kecepatan pada pengolahan data seismik ini menggunakan data hasil konversi model kecepatan dari metode gravitasi.

3.3.3.1. Input Geometri

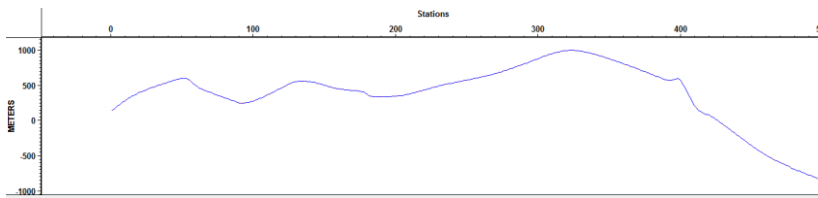
Pada tahapan ini dilakukan pemberian label pada informasi trace data yang akan diolah. Hal ini disebabkan karena pengolahan data memerlukan tipe-tipe *sorting* yang berbeda seperti *CMP gather*, *Shot gather* dsb.

RECORD #	FIELD #	SHOT #	FIRST CHAN#	LAST CHAN#	BEFORE GAP FROM	BEFORE GAP TO	AFTER GAP FROM	AFTER GAP TO	SHOT BULK	SHOT DEPTH	SHOT UPHOLE	SHOT ELEV	SHOT X.COORD	
DEF.INCR	1	1.00	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
←														
1[501]	1	☐	1.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	570.527	0.000	0.000	144.210	0.000
2[501]	2	☐	6.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	518.693	0.000	0.000	221.960	200.000
3[501]	3	☐	11.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	470.873	0.000	0.000	293.690	400.000
4[501]	4	☐	16.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	429.540	0.000	0.000	355.540	600.000
5[501]	5	☐	21.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	397.293	0.000	0.000	404.060	800.000
6[501]	6	☐	26.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	369.960	0.000	0.000	445.060	1000.000
7[501]	7	☐	31.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	345.247	0.000	0.000	482.130	1200.000
8[501]	8	☐	36.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	322.353	0.000	0.000	516.470	1400.000
9[501]	9	☐	41.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	300.967	0.000	0.000	548.550	1600.000
10[501]	10	☐	46.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	281.333	0.000	0.000	578.000	1800.000
11[501]	11	☐	51.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	267.253	0.000	0.000	599.120	2000.000
12[501]	12	☐	56.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	253.267	0.000	0.000	560.100	2200.000
13[501]	13	☐	61.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	247.233	0.000	0.000	479.150	2400.000
14[501]	14	☐	66.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	230.880	0.000	0.000	428.680	2600.000
15[501]	15	☐	71.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	407.573	0.000	0.000	388.640	2800.000
16[501]	16	☐	76.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	432.573	0.000	0.000	351.140	3000.000
17[501]	17	☐	81.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	456.607	0.000	0.000	315.090	3200.000
18[501]	18	☐	86.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	480.793	0.000	0.000	278.910	3400.000
19[501]	19	☐	91.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	502.447	0.000	0.000	246.530	3600.000
20[501]	20	☐	96.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	496.453	0.000	0.000	255.320	3800.000
21[501]	21	☐	101.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	477.607	0.000	0.000	283.590	4000.000
22[501]	22	☐	106.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	451.647	0.000	0.000	322.530	4200.000
23[501]	23	☐	111.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	419.440	0.000	0.000	370.840	4400.000
24[501]	24	☐	116.00	1	501	1.00	501.00	0.00	0.00	384.887	0.000	0.000	422.670	4600.000

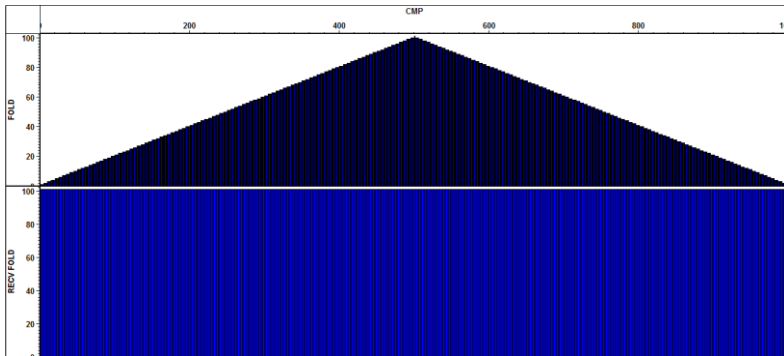
Gambar 3.10 Tabel *Shot Spread* – Sheet yang berisi informasi identitas *source*

RECORD #	RECEIVE #	DEA STN	STN BULK	WEATH. VELOCITY	REPL. VELOCITY	FLOATING DATUM	STN ELEV	STN X.COORD	STN Y.COORD	TURN POINT	TURN ANGLE
DEF.INCR	1.00	☐	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
←											
1[40.00]	1.00	☐	570.527	0.000	1500.000	0.000	144.210	0.000	0.000	0.000	0.000
2[40.00]	2.00	☐	559.940	0.000	1500.000	0.000	160.090	40.000	0.000	0.000	0.000
3[40.00]	3.00	☐	549.453	0.000	1500.000	0.000	175.820	80.000	0.000	0.000	0.000
4[40.00]	4.00	☐	539.067	0.000	1500.000	0.000	191.400	120.000	0.000	0.000	0.000
5[40.00]	5.00	☐	528.800	0.000	1500.000	0.000	206.800	160.000	0.000	0.000	0.000
6[40.00]	6.00	☐	518.693	0.000	1500.000	0.000	221.960	200.000	0.000	0.000	0.000
7[40.00]	7.00	☐	508.753	0.000	1500.000	0.000	236.870	240.000	0.000	0.000	0.000
8[40.00]	8.00	☐	498.973	0.000	1500.000	0.000	251.540	280.000	0.000	0.000	0.000
9[40.00]	9.00	☐	489.373	0.000	1500.000	0.000	265.940	320.000	0.000	0.000	0.000
10[40.00]	10.00	☐	479.980	0.000	1500.000	0.000	280.030	360.000	0.000	0.000	0.000
11[40.00]	11.00	☐	470.873	0.000	1500.000	0.000	293.690	400.000	0.000	0.000	0.000
12[40.00]	12.00	☐	461.993	0.000	1500.000	0.000	307.010	440.000	0.000	0.000	0.000
13[40.00]	13.00	☐	453.380	0.000	1500.000	0.000	319.930	480.000	0.000	0.000	0.000
14[40.00]	14.00	☐	445.053	0.000	1500.000	0.000	332.420	520.000	0.000	0.000	0.000
15[40.00]	15.00	☐	437.153	0.000	1500.000	0.000	344.270	560.000	0.000	0.000	0.000
16[40.00]	16.00	☐	429.640	0.000	1500.000	0.000	355.540	600.000	0.000	0.000	0.000
17[40.00]	17.00	☐	422.520	0.000	1500.000	0.000	366.220	640.000	0.000	0.000	0.000
18[40.00]	18.00	☐	415.767	0.000	1500.000	0.000	376.350	680.000	0.000	0.000	0.000

Gambar 3.11 Tabel *Receiver Spread* – Sheet yang berisi informasi identitas *receiver*



Gambar 3.12 Posisi Elevasi Shot dan Receiver

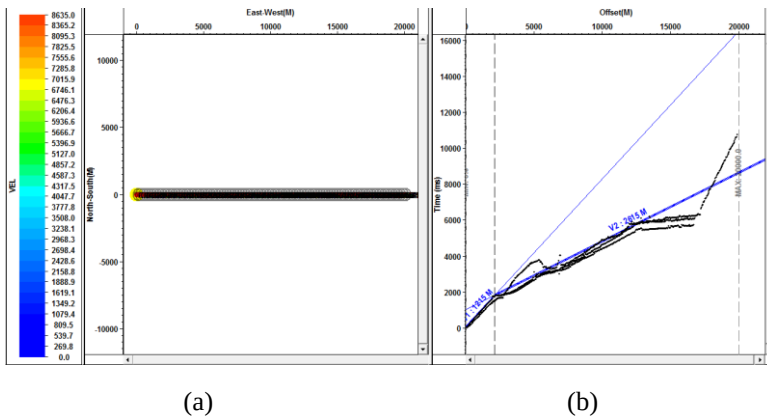


Gambar 3.13 Fold Coverage Data

Posisi shot dan receiver pada input data dalam pengolahan data seismik sudah mengikuti elevasi zona penelitian dan pembagian CMP data sudah mengikuti teori yang ada dimana semakin ke tengah jumlah data/trace seismik yang melewati semakin banyak.

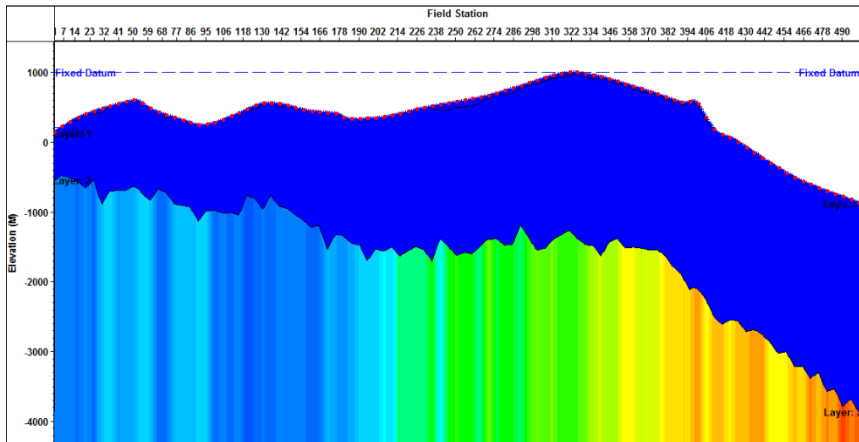
3.3.3.2. Koreksi Statik

Proses koreksi statik yang dilakukan akibat adanya pengaruh topografi. Tujuan dari koreksi statik adalah menghilangkan efek *delay time* yang disebabkan oleh lapisan lapuk dekat dengan permukaan dan efek topografi permukaan daerah penelitian untuk mendapatkan posisi dan shot pada nilai yang sama. Proses dilakukan dengan menggunakan *picking first break* yang mana digunakan untuk mendefinisikan zona lapisan lapuk dekat permukaan pada proses koreksi statik untuk mendekati nilai ketinggian pada topografi sebenarnya.



Gambar 3.14 (a) *Control Point* (b) *Picking First Break* Gelombang Seismik

Data kecepatan *picking first break* dikontrol oleh *control point* yang membentang sepanjang lintasan dengan spasi sebesar 50 m antar *control point* data. Data dipisahkan menjadi 2 lapisan dimana kecepatan pertama didefinisikan sebagai zona lapisan lapuk.

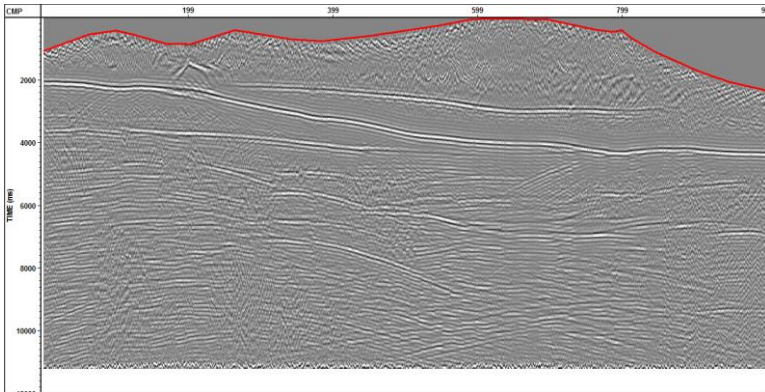


Gambar 3.15 Model Kecepatan Hasil *Picking First Break* Data

Data menggunakan fix datum sebesar 1000 m. Pada proses pendefinisian diperoleh 2 zona lapisan dengan batas antar zona adalah daerah batas lapisan lapuk. Data hasil statik kemudian dimasukkan ke dalam header seismik dalam proses koreksi statik.

3.3.3.3. Dekonvolusi

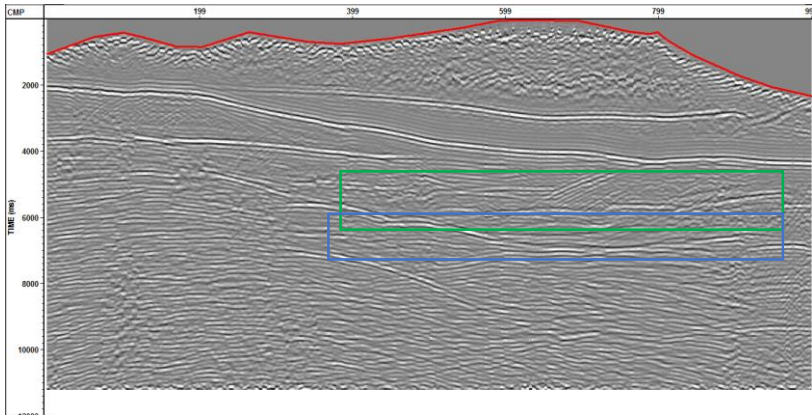
Dalam meningkatkan resolusi vertikal dari data seismik dilakukan proses dekonvolusi,. Metode dekonvolusi yang digunakan adalah *predictive deconvolution*. Parameter yang digunakan adalah *Operator Length* yang merupakan luasan data yang akan diproses dekonvolusi dengan nilai sebesar 80 ms dan *Lag* yaitu tingkat akurasi dalam proses dekonvolusi sebesar 4.



Gambar 3.16 Hasil *Stacking* Data Proses Prediktif Deconvolution

3.3.3.4. *Spherichal Divergence*

Jarak yang ditempuh gelombang mempengaruhi kekuatan frekuensi gelombang menjalar dimana semakin jauh gelombang menjalar, frekuensi yang dihasilkan semakin kecil akibat efek pelemahan akibat energi yang hilang selama gelombang menjalar. Untuk meningkatkan resolusi data pada lapisan dalam diperlukan proses *spherichal divergence* dengan menggunakan data hasil analisa kecepatan untuk menguatkan trace seismik berdasarkan kedalaman. Hal ini sangat membantu untuk mendapatkan reflektor lapisan dibawah basalt akibat perbedaan densitas batuan yang sangat kontras pada kontak basalt yang menyebabkan peredaman dan pemantulan gelombang frekuensi tinggi.

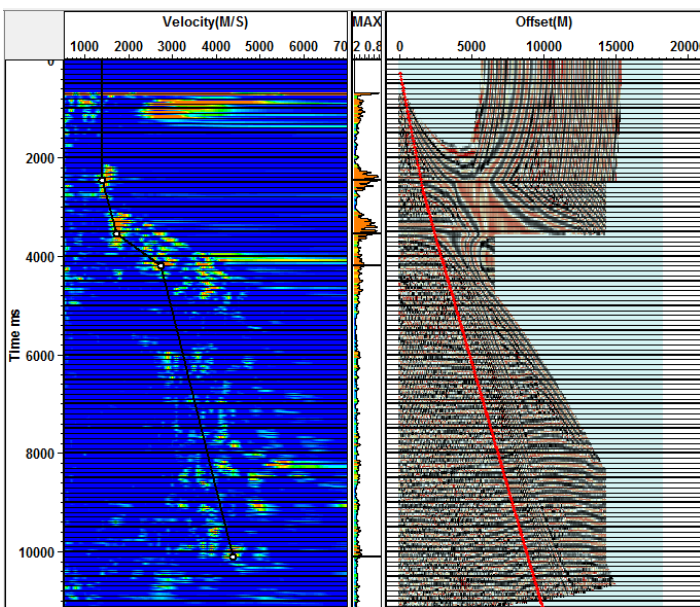


Gambar 3.17 Hasil *Stacking* Data Proses Spherical Divergence

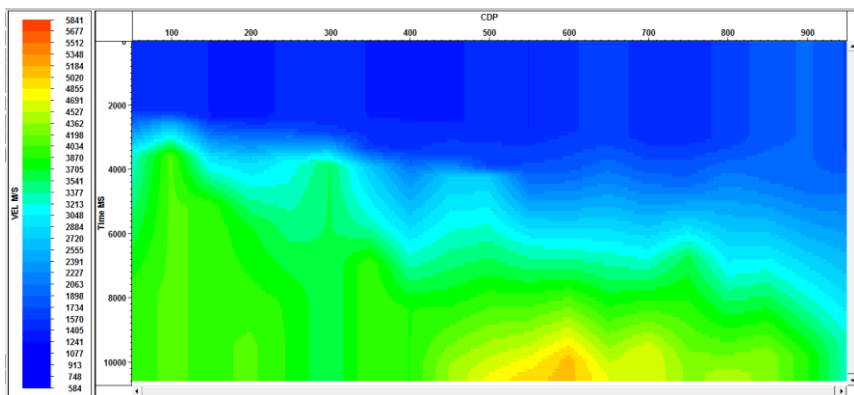
Pada gambar dapat terlihat zona reflektor pada bagian bawah lapisan dimana diprediksi sebagai zona batas antara lapisan basement dan zona reservoir yang ditunjukkan pada kotak warna biru, serta terlihat secara samar bentuk dari trap reservoir yaitu bentukan thrust fold yang ditunjukkan pada kotak warna hijau.

3.3.3.5. Analisa Kecepatan

Tahap ini merupakan proses pemilihan kecepatan yang sesuai dengan data seismik. Proses pemilihan dilakukan secara kualitatif berdasarkan informasi yang ada pada data seismik, yaitu pada data semblance yang mampu meluruskan even pada CDP gather dari bentuk hiperbolik. Semblance adalah spektrum kecepatan.



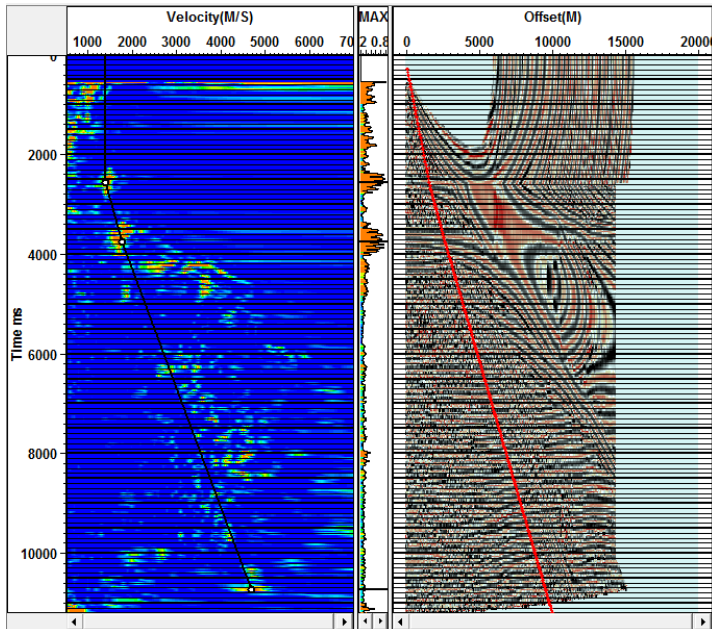
Gambar 3.18 Analisa Kecepatan Data Seismik



Gambar 3.19 Model Kecepatan Hasil Analisa Kecepatan Data Seismik

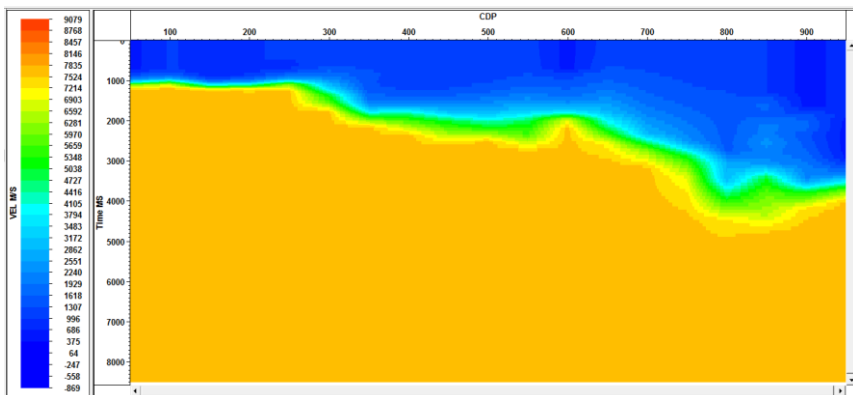
Pada tahap ini dilakukan proses pengulangan untuk mendapatkan model kecepatan terbaik yang sesuai dengan kondisi reel daerah penelitian. Model kecepatan hasil analisa yang telah dilakukan kemudian digunakan pada proses *spherical divergence* untuk meningkatkan kualitas data. Kemudian dilakukan

pembuatan semblance kembali dan proses analisa kecepatan yang berulang hingga mendapatkan kualitas model kecepatan terbaik.



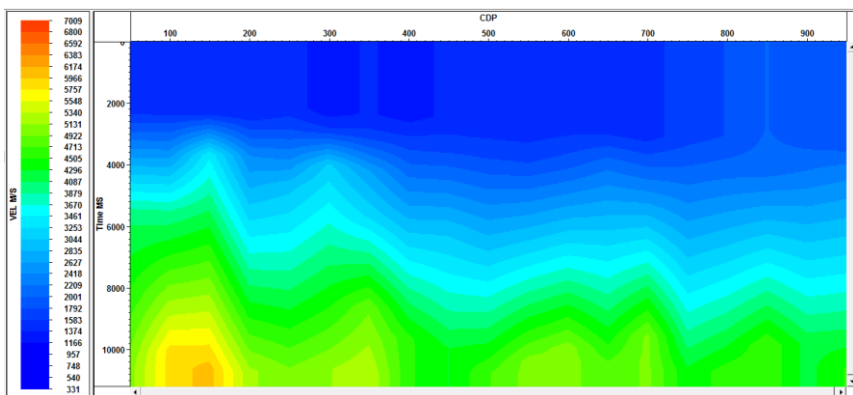
Gambar 3.20 Analisa Kecepatan Menggunakan Informasi Dari Data Gravitasi

Selain itu, dalam upaya peningkatan hasil model kecepatan yang memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap model asli, dilakukan pemanfaatan informasi dari data lain yaitu analisa kecepatan menggunakan bantuan model kecepatan hasil konversi dari data gravitasi untuk meningkatkan resolusi data khususnya bagian bawah dari lapisan basalt. Informasi dari model kecepatan data gravitasi juga dapat membantu untuk meminimalisir kesalahan analisa kecepatan dalam menentukan event reflektor atau multiple.



Gambar 3.21 Model Kecepatan dari Data Gravitasi

Konversi data gravitasi ke dalam domain kecepatan memanfaatkan persamaan Gauss dan Christensen-Mooney. Data kemudian dilakukan penyesuaian terhadap pembagian CMP pada analisa kecepatan. Selain itu dilakukan penyesuaian perbedaan domain kedalaman dimana pada data seismik menggunakan domain waktu sehingga diperlukan kalkulasi berdasarkan kecepatan hasil konversi. Selain itu diperlukan perhitungan V_{rms} untuk proses NMO dan Migrasi.



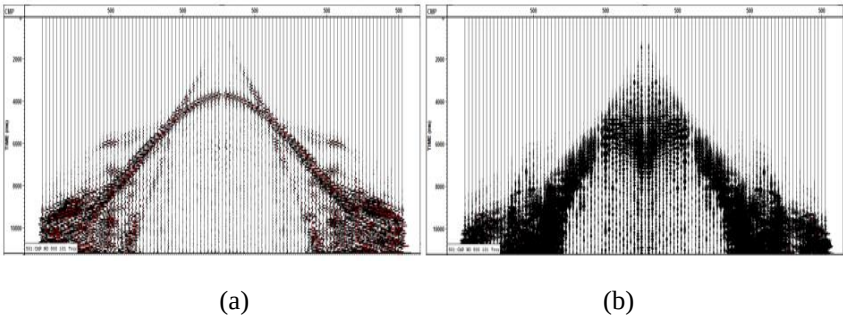
Gambar 3.22 Model Kecepatan Hasil Analisa Kecepatan Data Seismik Menggunakan Informasi dari Data Gravitasi

Berdasarkan model kecepatan hasil analisa bantuan data gravitasi didapatkan keakuratan yang lebih tinggi mengenai informasi reflektor dibawah

lapisan basalt dan tingkat kesesuaian yang lebih tinggi untuk nilai kecepatan antara model awal dengan model hasil analisa.

3.3.3.6. *Enhancement Signal*

Tahap ini adalah penghilangan efek multiple dan noise yang ada pada data seismik untuk mendapatkan penampang seismik yang baik serta tidak menimbulkan miss interpretasi dari data seismik. Tahap yang dilakukan diantaranya adalah proses mutting yaitu proses pemotongan data shoot gather yang bertujuan untuk display data yang lebih baik. Selain itu dilakukan filtering signal dengan menggunakan filter bandpass. Variasi frekuensi yang digunakan pada filter bandpass yaitu frekuensi 1,3,8 dan 10 dimana merupakan frekuensi dominan pada data seismik serta diperoleh banyak event probabilistik yang menerus yang diduga sebagai reflektor pada data seismik.



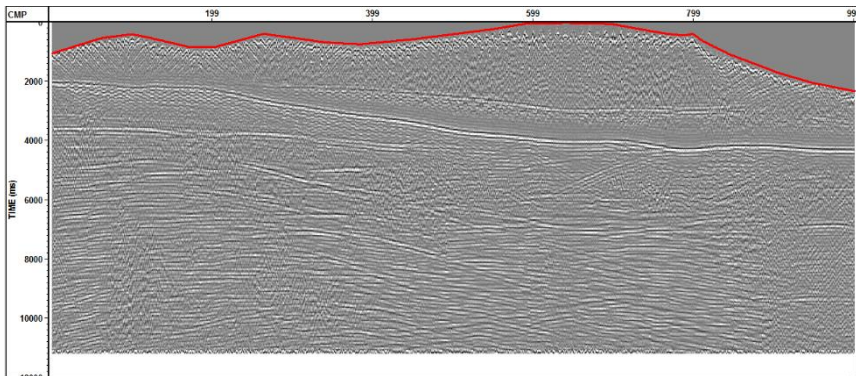
Gambar 3.23 (a) CMP 500 Setelah Dilakukan Bandpass (b) CMP 500 Sebelum Dilakukan Bandpass

3.3.3.7. *Normal Move Out*

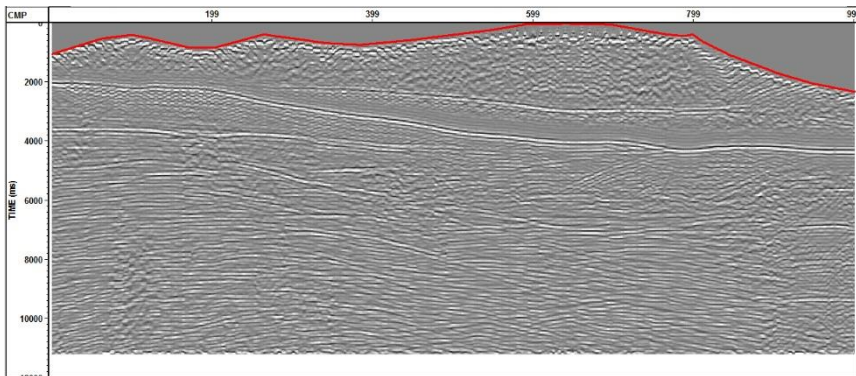
Tahap ini merupakan proses pengembalian event reflektor data seismik pada CMP gather ke offset nol dengan menggunakan model kecepatan hasil dari proses analisa kecepatan.

3.3.3.8. *Trace Mix*

Tahap ini adalah proses meningkatkan kualitas data secara lateral untuk mendapatkan bentuk perlapisan yang kontinu. Tahap ini menggunakan konsep pembobotan pada proses penggabungan data trace seismik dimana bobot data yang tertinggi adalah data pada bagian tengah dalam proses penggabungan data trace seismik secara lateral.



(a)



(b)

Gambar 3.24 (a) Penampang Data Seismik Sebelum Dilakukan Proses Trace Mix (b) Penampang Data Seismik Setelah Dilakukan Trace Mix

3.3.3.9. *Stacking Data*

Tahap ini adalah penyusunan data seismik berdasarkan informasi geometri data berdasarkan CMP data untuk mendapatkan gambaran penampang data seismik daerah penelitian.

3.3.4 Integrasi Data Gravitasi dan Seismik

Proses Integrasi data merupakan proses penggabungan data gravitasi dan seismik. Penggabungan data dilakukan dalam proses pengolahan data seismik dengan mentransformasikan data hasil inversi metode gravitasi dengan domain densitas ke dalam model kecepatan menggunakan persamaan Gardner dan Mooney-Christensen untuk meningkatkan kualitas data seismik dalam

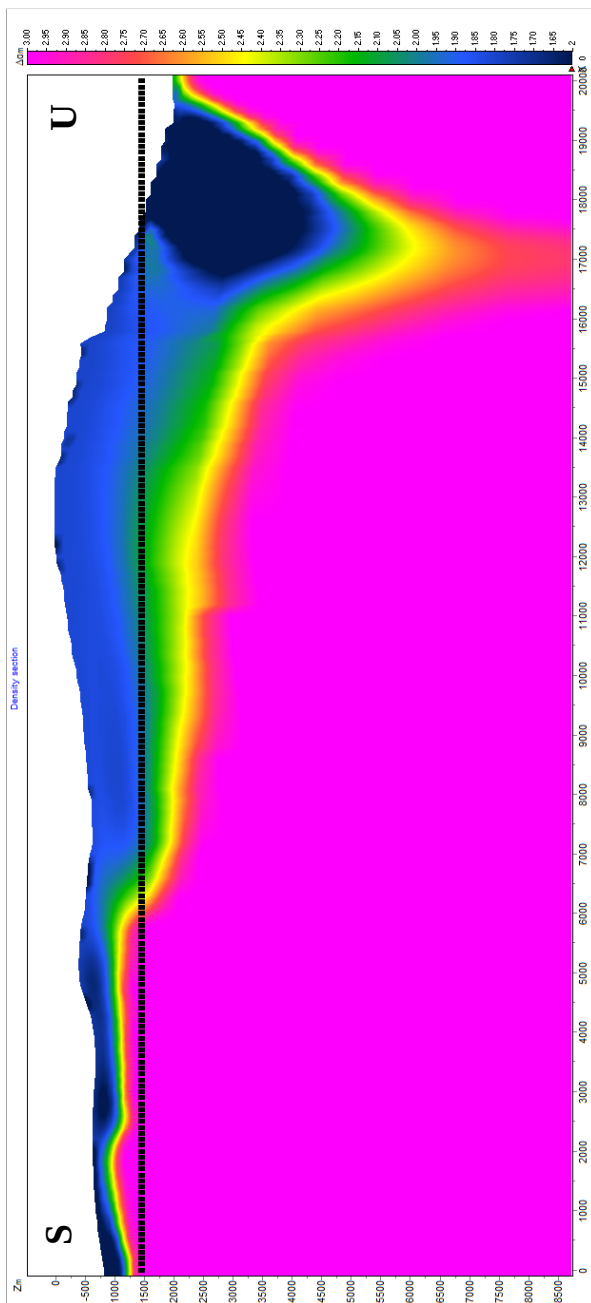
penggambaran daerah bawah permukaan. Tujuan dari proses ini adalah untuk menguji alur penelitian untuk memperoleh hasil terbaik penggambaran model geologi daerah sub-vulkanik memanfaatkan metode gravitasi dan seismik. Output dari proses ini adalah rekomendasi desain survei yang optimal dalam zona sub-vulkanik untuk memperoleh gambaran terbaik bawah permukaan dalam kegiatan eksplorasi migas.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data Gravitasi

Parameter inversi yang digunakan menggunakan inversi *smooth constrained* dengan jumlah iterasi sebanyak 20 kali. Model dasar data inversi menggunakan ukuran mesh horinzontal sebesar 10 m dan secara vertikal 50 m. Smoothing factor antar tiap mesh sebesar 0.5. Model dasar proses inversi sangat berperan dalam proses inversi dikarenakan sifat metode gravitasi yang *non unique* sehingga kontrol model hasil inversi sangat dipengaruhi oleh model dasar. Model dasar referensi yang digunakan dari proses inversi menggunakan model dari analisis kecepatan pada data seismik yang sudah dikonversi ke dalam domain densitas menggunakan persamaan Gardner dan Mooney-Christensen. Penentuan titik observasi disamakan dengan posisi pengambilan data yaitu pada kedalaman 1000 m untuk mendapatkan model hasil inversi yang memiliki kemiripan dengan model awal. Kontur topografi daerah penelitian dimasukkan untuk mendapatkan kondisi yang sesuai dengan kondisi *forward* data sehingga diharapkan terjadi kemiripan model inversi dengan model awal.



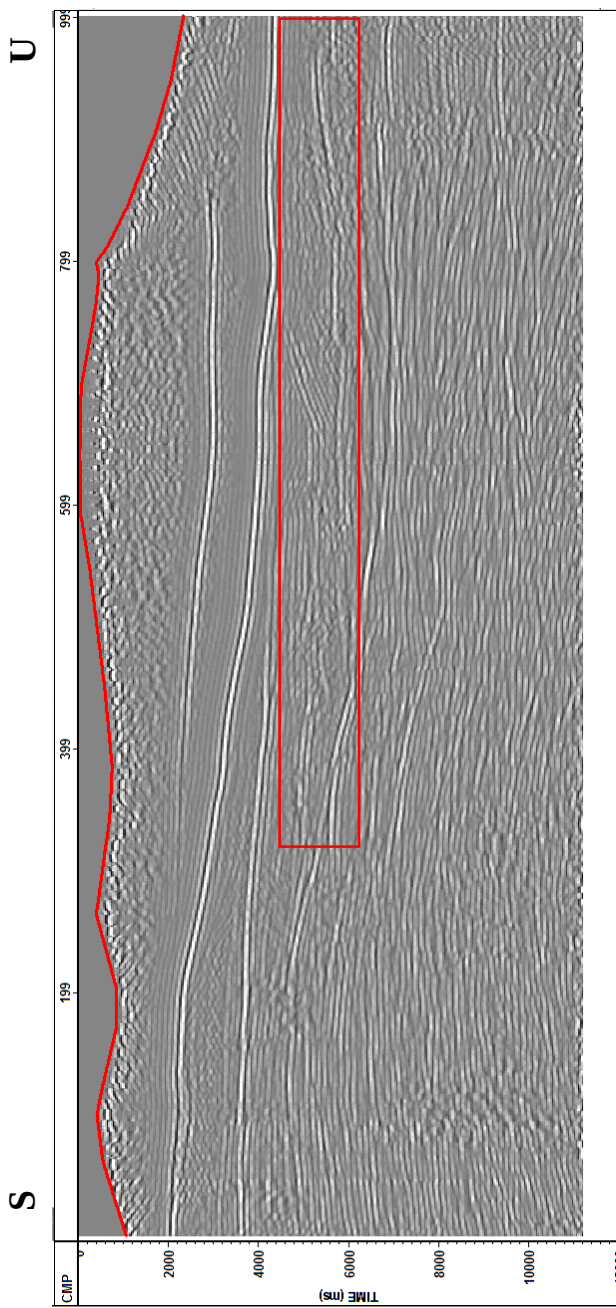
Gambar 4.1 Penampang Densitas Metode Gravitasi Hasil Inversi

Berdasarkan hasil inversi didapati 2 lapisan besar utama dengan kontras nilai densitas yang tinggi. Pada formasi batuan dengan densitas rendah yang ditunjukkan pada bagian berwarna biru, patut diduga merupakan daerah bagian atas batuan basalt yaitu berdasarkan model awal merupakan jenis batuan sedimen, batupasir dan soil dengan range nilai densitas hasil inversi berkisar antar 1,60 – 1,95 g/cc atau 1.600 – 1950 kg/m³. Nilai tersebut tidak terlampaui jauh dengan densitas pada model awal yang digunakan pada proses *forward* data yaitu senilai 1565-2010 kg/m³. Lapisan dominan kedua yaitu lapisan berwarna merah muda yang memiliki nilai densitas yang tinggi yaitu berkisar antara 2,85 – 3,00 g/cc atau 2.750 – 3.000 kg/m³. Lapisan ini dapat diinterpretasikan sebagai lapisan basement yang memiliki range densitas pada model awal yaitu 2.850-2970 kg/m³. Pada bagian utara zona basement cukup dangkal dikarenakan pada bagian utara formasi yang tepat pada bagian atas basement merupakan fasies vulkanik memiliki nilai densitas yang cukup tinggi, tidak terlalu jauh dengan densitas basement, hal ini menyebabkan pada hasil inversi dianggap menjadi satu bagian akibat kontras antar lapisan yang tidak tinggi. Sedangkan pada bagian selatan, didapati adanya cekungan yang patut diduga merupakan zona reservoir yaitu formasi batupasir dengan struktur thrust fold. Namun akibat didapati kontras yang sangat besar antara batuan penutup basalt dan formasi hasil intrusi basalt sehingga tidak didapati penggambaran yang baik untuk zona formasi batupasir. Hal ini juga terlihat pada model hasil analisis kecepatan data seismik yang digunakan sebagai model initial, dimana tidak ditemukan adanya lapisan tipis dengan nilai densitas tinggi diantara 2 formasi dengan densitas rendah. Kontak antara 2 formasi besar ini patut diduga merupakan zona formasi basalt yang memiliki range kedalaman yang sesuai dengan model awal dengan kedalaman sekitar 2000 – 4000 m dibawah permukaan dengan bagian utara merupakan titik tertingginya.

Hasil inversi data gravitasi memiliki resolusi vertikal yang tidak terlalu baik akibat sifatnya yang lebih mencakup zona regional, namun dapat memberikan gambaran daerah dengan kontras densitas yang tinggi. Data gravitasi hasil inversi dapat mengidentifikasi zona basalt penutup lapisan reservoir serta basement petroleum system daerah Serayu Utara. Data hasil inversi dengan nilai densitas kemudian diubah ke nilai kecepatan dengan persamaan Gardner pada bagian batuan sedimen yang dianalogikan dengan nilai densitas dibawah 2.5 kg/m³ dan Mooney and Christensen pada batuan beku dengan nilai densitas diatas 2.5 kg/m³. Data hasil konversi digunakan sebagai data kecepatan dalam pengolahan data seismik untuk menghasilkan informasi bawah permukaan daerah penelitian, guna memperbaiki kualitas data seismik pada bagian bawah formasi basalt agar didapatkan penggambaran yang baik batas formasi serta struktur yang ada.

4.2 Hasil Pengolahan Data Seismik

Berdasarkan pengolahan data seismik dengan menggunakan alur pengerjaan yang tertera pada bab III, diperoleh penampang seismik sebagai berikut :



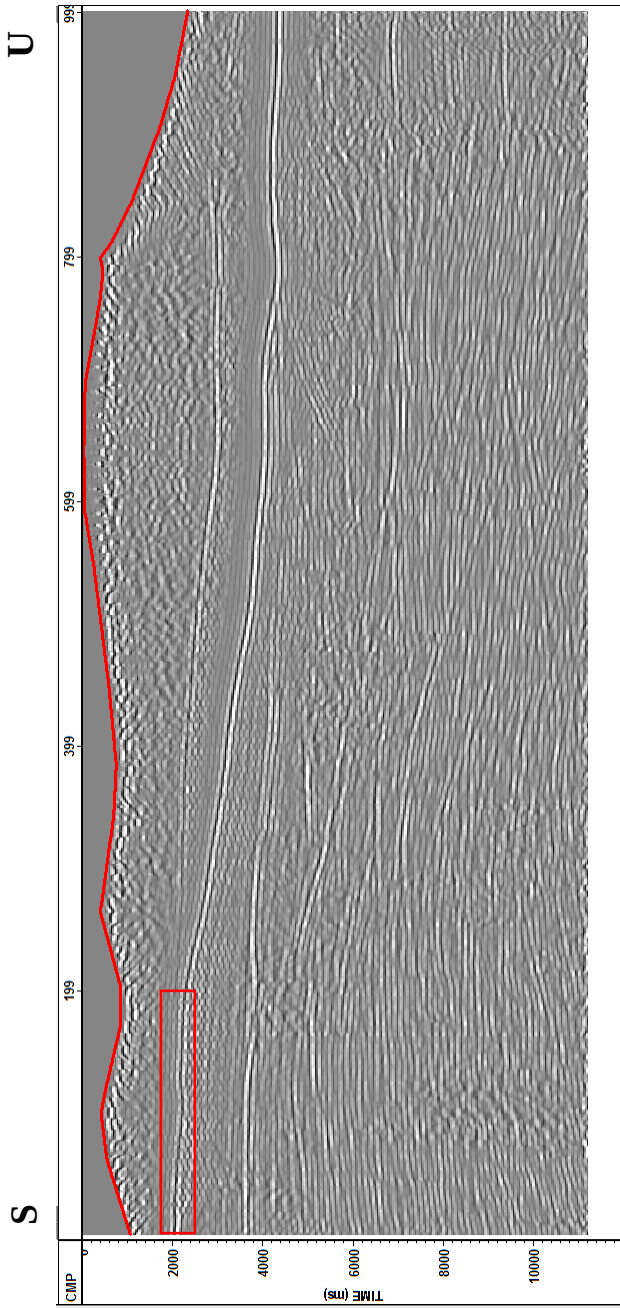
Gambar 4.2 Penampang Hasil Pengolahan Data Seismik

Pada penampang data seismik hasil pengolahan data seismik dapat dijumpai adanya reflektor kuat yang diduga merupakan lapisan basalt yang memiliki frekuensi yang tinggi menerus kebawah dari arah utara ke selatan dengan range kedalaman 2000 ms pada bagian utara ke kedalaman 4000 ms pada bagian selatan. Berdasarkan model awal *forward* data seismik, posisi dari reflektor memiliki kesesuaian dengan penampang hasil pengolahan data seismik. Dari data dapat dijumpai reflektor lemah tidak menerus yang terletak pada CMP 199 sampai 799 yang diduga merupakan batas antara lapisan soil dan lapisan batupasir pada model *forward* data. Pada penampang data seismik terdapat indikasi adanya bentukan thrust fold zona reservoir batupasir pada model yang ditunjukkan pada kotak berwarna merah namun masih belum terlihat jelas. Selain itu batas antara zona batupasir, fasies vulkanik dan lapisan basement sudah terlihat namun belum nampak jelas, hal ini menimbulkan ambiguitas yang tinggi dalam membedakan batas formasi batuan dengan multiple yang diakibatkan dalam penjalaran gelombang mengingat frekuensi yang rendah.

Berdasarkan penampang hasil pengolahan data seismik didapati kualitas data pada bagian lapisan basalt tidak terlalu baik dimana dapat menciptakan kesalahan interpretasi data akibat kesamaran batas formasi dan struktur formasi daerah bawah permukaan. Hal ini diakibatkan oleh lapisan basalt yang terletak pada bagian atas zona reservoir dimana akibat kontras densitas antara formasi batupasir pada bagian dekat permukaan dengan formasi basalt menyebabkan gelombang seismik berfrekuensi rendah mengalami refleksi dan tidak mampu menembus lapisan basalt. Gelombang berfrekuensi rendah dapat menembus lapisan basalt dikarenakan ketebalan lapisan basalt yang rendah. Gelombang berfrekuensi rendah memberikan informasi yang bersifat makroskopis dan kurang mendetail akibat amplitudo gelombang yang relatif panjang sehingga kemampuan gelombang untuk memberikan informasi sesuai teori tuning thickness yaitu $\frac{1}{4}$ panjang gelombang sangat mempengaruhi ketersediaan informasi yang diberikan. Selain itu, akibat frekuensi rendah yang dihasilkan, kontras semblance yang diciptakan menjadi relatif kecil sehingga mempersulit dalam proses analisis data untuk menciptakan model kecepatan yang memiliki kemiripan dengan model awal data. Hal ini yang melandasi diperlukannya batuan metode gravitasi untuk memperbaiki kualitas data seismik bagian bawah lapisan basalt untuk mendapatkan informasi yang lebih jelas mengenai batas formasi serta struktur thrust fold yang merupakan target dari penelitian.

4.3 Integrasi Data Seismik dan Data Gravitasi

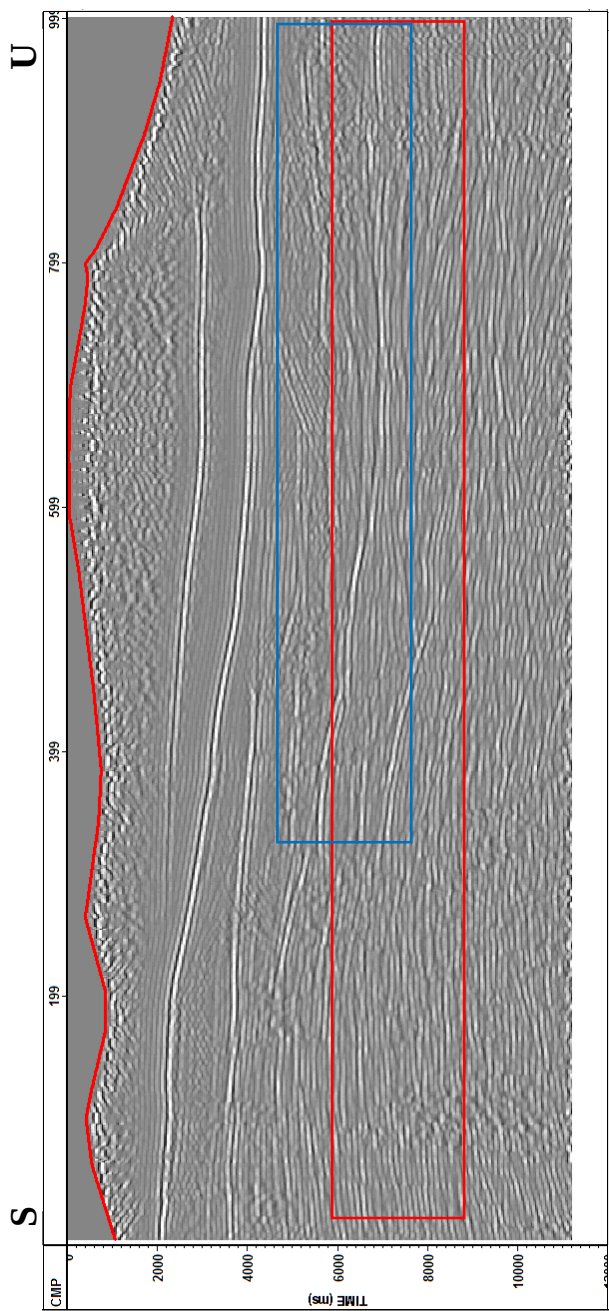
Integrasi data dilakukan dengan mengubah penampang data gravitasi ke dalam model kecepatan menggunakan persamaan Gardner dan Mooney-Christensen sebagai batuan dalam meningkatkan kualitas data seismik. Hasil penampang seismik yang didapatkan hanya menggunakan model kecepatan data gravitasi sebagai model kecepatan proses NMO adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Penampang Data Seismik Menggunakan Model Kecepatan dari Data Gravitasi Sebagai Model Kecepatan Proses NMO Data

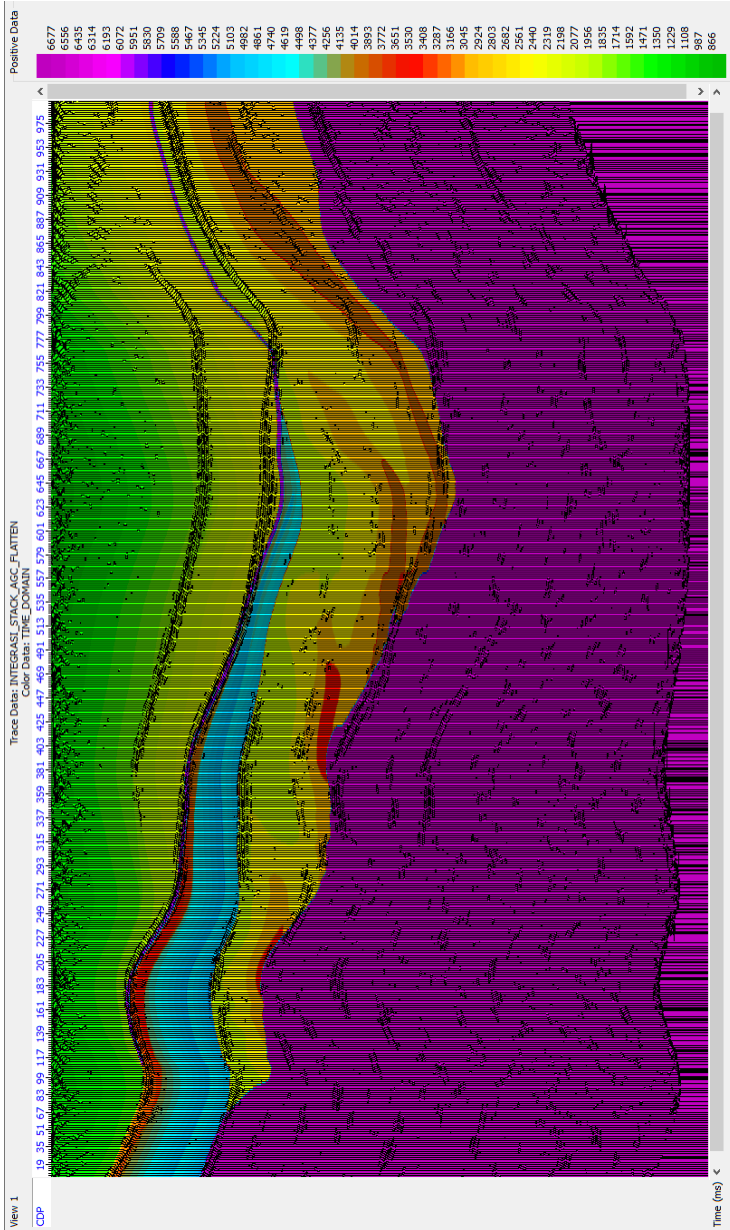
Pada penampang data seismik dengan menggunakan model kecepatan dari data gravitasi didapati adanya peningkatan frekuensi gelombang data seismik, khususnya pada bagian bawah lapisan batuan beku basalt. Hal ini akan membantu dalam melihat batas antar formasi serta struktur yang ada pada daerah penelitian. Namun terdapat kelemahan-kelemahan yang ditimbulkan diantaranya munculnya *multiple-multiple* gelombang khususnya pada bagian bawah lapisan basalt. Hal ini disebabkan oleh ketidakcocokan kecepatan terhadap data seismik, dimana pada model kecepatan data gravitasi zona dibawah lapisan basalt digolongkan ke dalam satu domain kecepatan dengan nilai yang sangat tinggi. Hal itu menyebabkan penguatan gelombang seismik yang tidak semestinya, menimbulkan efek munculnya multiple pada penampang data seismik. Selain itu efek multiple muncul disekitar lapisan basalt pada bagian utara yang ditunjukan pada kotak berwarna merah. Hal ini dapat disebabkan akibat ketidakcocokan posisi lapisan basalt dari model kecepatan terhadap posisi dari data seismik. Hal ini disebabkan sifat pemetaan metode gravitasi yang bersifat regional yang menyebabkan resolusi vertikal data yang lebih rendah dari data seismik menyebabkan adanya *overcorrection* atau *undercorrection* trace seismik saat proses NMO dalam tahap pengolahan data menggunakan model kecepatan data gravitasi.

Berdasarkan penilaian keseluruhan, model kecepatan data gravitasi dapat membantu meningkatkan kualitas data seismik. Peningkatan dilakukan dengan meningkatkan frekuensi trace seismik yang rendah, khususnya pada bagian bawah lapisan basalt. Hal ini sangat membantu dalam pengidentifikasian batas antar formasi dan struktur geologi yang ada. Namun akibat rendahnya ketepatan secara vertikal data seismik, sehingga diperlukan analisis kecepatan data seismik kembali untuk memperbaiki posisi kecepatan untuk mengurangi efek multiple ataupun ketidakcocokan posisi reflektor terhadap kedalaman dan kecepatan. Berkaitan dengan hal tersebut, model kecepatan data gravitasi digunakan dalam proses integrasi data pada proses spherical divergence, yang selanjutnya dilakukan analisis kecepatan data. Data gravitasi mampu memperbaiki kualitas data seismik sehingga membantu memperbaiki posisi reflektor dan menunjukan reflektor-reflektor yang berfrekuensi rendah dalam proses analisa kecepatan data untuk memperoleh model kecepatan yang memiliki kecocokan dengan model dasar.



Gambar 4.4 Penampang Data Seismik Hasil Integrasi Data Gravitasi dan Data Seismik

Pada proses pengolahan data dilakukan pengulangan analisa kecepatan hingga tidak didapati perubahan yang signifikan dari data hasil *stacking*. Berdasarkan hasil pengintegrasian data diperoleh peningkatan kualitas penampang data yang lebih merepresentasikan model geologi yang sesuai dengan model awal. Pada formasi lapisan basalt terjadi penajaman data posisi reflektor dibandingkan pada penampang data seismik sebelum dilakukan pengintegrasian. Peningkatan yang signifikan terjadi pada lapisan dibawah zona intrusi basalt. Pada penampang data seismik diperoleh reflektor yang berada pada kedalaman 4.500 ms pada bagian utara dan bergerak kebawah pada kedalaman 7.000 ms pada bagian selatan yang ditunjukan pada kotak berwarna merah, sebagai permukaan dari formasi basement daerah penelitian yaitu batuan beku yang memiliki nilai densitas yang tinggi. Hal ini merupakan peningkatan dibandingkan dengan penampang seismik menggunakan model kecepatan tanpa bantuan data gravitasi dimana adanya reflektor-reflektor disekitar reflektor yang diduga sebagai zona batas formasi basement dengan formasi reservoir yang menyebabkan terjadinya ambiguitas dalam penentuan batas formasi.



Gambar 4.5 Overlay Penampang Data Seismik Hasil Integrasi Data Gravitasi dan Data Seismik Terhadap Model Awal

Overlay hasil integrasi antara model awal dengan hasil pengolahan seismik digunakan proses shifting keatas untuk mengurangi efek kontur permukaan, untuk mendapatkan justifikasi kebenaran proses penelitian. Nilai warna pada gambar menunjukkan nilai kecepatan formasi dengan warna hijau merupakan nilai kecepatan rendah dengan nilai 886 m/s dan warna ungu menunjukan formasi batuan kecepatan tinggi dengan nilai 6977 m/s. Berdasarkan overlay data didapati batas atas dan bawah dari zona reservoir juga terlihat dengan cukup jelas. Bentuk struktur geologi yang berfungsi sebagai trap dari hidrokarbon pada formasi reservoir batupasir yaitu struktur thrust-fold secara samar terlihat. Hal ini ditunjukan dengan adanya reflektor lemah arah Barat Daya – Timur Laut pada zona reservoir, serta ketidakseragaman arah reflektor pada zona reservoir. Namun, bentuk thrust-fold belum terlihat jelas, dan dapat menciptakan ambiguitas dalam penginterpretasian struktur. Ketidakseragaman bentuk reflektor yang tidak terpola juga dapat menyebabkan keraguan interpreter dalam menentukan reflektor tersebut merupakan struktur atau bentukan yang tercipta akibat kesalahan pengolahan data, dimana data mengalami overcorrection ataupun undercorrection serta diduga merupakan multiple. Ketidakjelasan bentuk penampang data hasil integrasi dapat disebabkan karena minimnya informasi yang dapat diberikan oleh data seismik, dikarenakan posisi lapisan basalt yang ada tepat diatas zona reservoir sehingga hanya gelombang berfrekuensi rendah yang dapat lewat dimana gelombang ini memiliki amplitudo gelombang yang besar sehingga hanya memberikan informasi yang sangat sedikit. Secara umum pemanfaatan data gravitasi dalam proses pengolahan data seismik dapat membantu meningkatkan kualitas data seismik.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. *Forward modelling* data untuk metode gravitasi pada lingkungan vulkanik memberikan informasi bahwa nilai gravitasi dipengaruhi oleh jarak formasi basalt terhadap titik pengukuran. Berdasarkan data *forward* metode seismik diperoleh informasi frekuensi rendah pada bagian bawah formasi basalt.
2. Data gravitasi dapat menggambarkan persebaran lapisan basalt secara lateral dengan ditunjukkan dengan batas kontras densitas pada penampang. Model kecepatan yang diturunkan dari data gravitasi membantu mempertegas reflektor basalt yang terdapat pada data seismik.
3. Integrasi data gravitasi dalam pengolahan data seismik dapat meningkatkan kualitas data untuk mendapatkan informasi batas formasi dan struktur geologi dengan menunjukkan batas antar formasi tiap lapisan.

5.2. Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian adalah :

1. Perlu dilakukan penambahan metode geofisika lain yaitu data sumur dan metode magnetotelurik yang lebih sensitif terhadap perubahan vertikal dan bersifat unik serta tidak mengalami pengaburan data akibat adanya lapisan batuan beku. Metode tersebut dapat membantu dalam proses inversi sebagai model intial data maupun sebagai model kecepatan pada pengolahan data seismik.
2. Perlu dilakukan koreksi statik yang lebih konperhensif untuk mengurangi pengurangan efek topografi dalam proses pengolahan data.
3. Perlu dilakukan *forward modelling* data seismik menggunakan gelombang elastik untuk mendapatkan informasi mendekati kenyataan untuk mendapatkan respon seismik yang mendekati kenyataan pengukuran lapangan.
4. Perlunya pengembangan dalam proses *forward* data gravitasi untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati kenyataan pada akusisi di lapangan.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

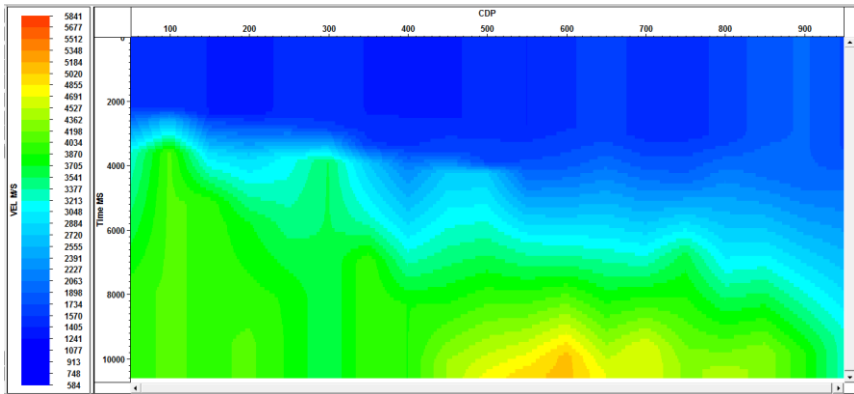
DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H. dan Gafoer, S. (1992), *Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa Tengah* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W. (1949), *The Geology of Indonesia Vol-IA General*, IA., Government Printing Office, The Hague, Batavia.
- Condon, W., Pardyanto, L., Amin, T., Gafoer, S. dan Samodra, H. (1996), *Peta Geologi Lembar Banjarnegara - Pekalongan Skala 1:100.000* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Djuri, H., Samodra, H., Amin, T. dan Gafoer, S. (1996), *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa Tengah* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Ghazalli, M., Widodo, A. dan Syaifuddin, F.S. (2016), "Pemodelan Data Seismik Lingkungan Vulkanik", *Jurnal Geosaintek*, Vol.2, No.2, hal. 113. <http://doi.org/10.12962/j25023659.v2i2.1925>.
- Hall, R. (2012), *Tectonophysics Late Jurassic – Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean*, Vol.571, hal. 1–41. <http://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.04.021>.
- Husein, S., Jyalita, J. dan Nursecha, M.A.Q. (2015), *Kendali Stratigrafi dan Struktur Gravitasi pada Rembesan Hidrokarbon Sijenggung , Cekungan Serayu Utara*, No.December 2013. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4987.7200>.
- Indriana, R.D. (2008), *Estimasi Ketebalan Sedimen dan Kedalaman Diskontinuitas Mohorovicic Daerah Jawa Timur dengan Analisis Power Spectrum Data Anomlai Gravitasi*.
- Kartanegara, L., Unepetty, H. dan Asikin, S. (1987), "Tatanan Stratigrafi dan Posisi Tektonik Cekungan Jawa Tengah Utara Selama Jaman Tersier", *PIT IAGI KE - 16*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Bandung,.
- Kastowo dan Suwarna, N. (1996), *Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Majenang. Skala 1:100.000* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Lunt, P., Burgon, G. dan Baky, A. (2009), "The Pemali Formation of Central Java and equivalents: Indicators of sedimentation on an active plate margin", *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol.34, No.1, hal. 100–113.

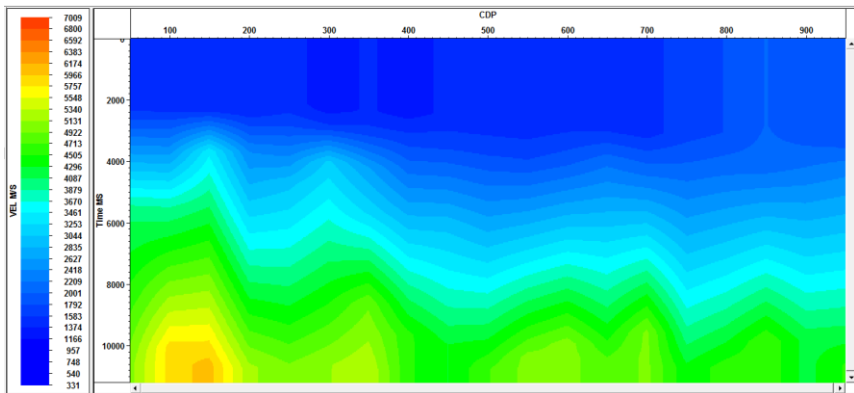
<http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2008.03.006>.

- Pratama, M.F.P., Widodo, A. dan Syaifuddin, F. (2018), "Integrasi Metode Magnetotellurik dan Metode Gravity untuk Meningkatkan Imaging Seismik Pada Daerah Vulkanik", *Geosientek ITS*, hal. 1–5.
- Satyana, A.H. (2015), *Subvolcanic Hydrocarbon Prospectivity of Java: Opportunities and Challenges*, No.May.
- Sayed, E. dan Selim, I. (2016), *Journal of Asian Earth Sciences The integration of gravity , magnetic and seismic data in delineating the sedimentary basins of northern Sinai and deducing their structural controls*, Vol.115, hal. 345–367.
- Sheriff, R. (2002), doi:10.1190/1.9781560802969, *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics*, Society of Exploration Geophysicists. <http://doi.org/doi:10.1190/1.9781560802969>.
- Simm, R. dan Bacon, M. (2014), "Seismic Porcessing Issue", dalam *Seismic Amplitude*, Cambridge University Press, New York, hal. 111–124.
- Telford, W., Geldart, L., Sheriff, R., dan Keys, D.. (1976), *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York.

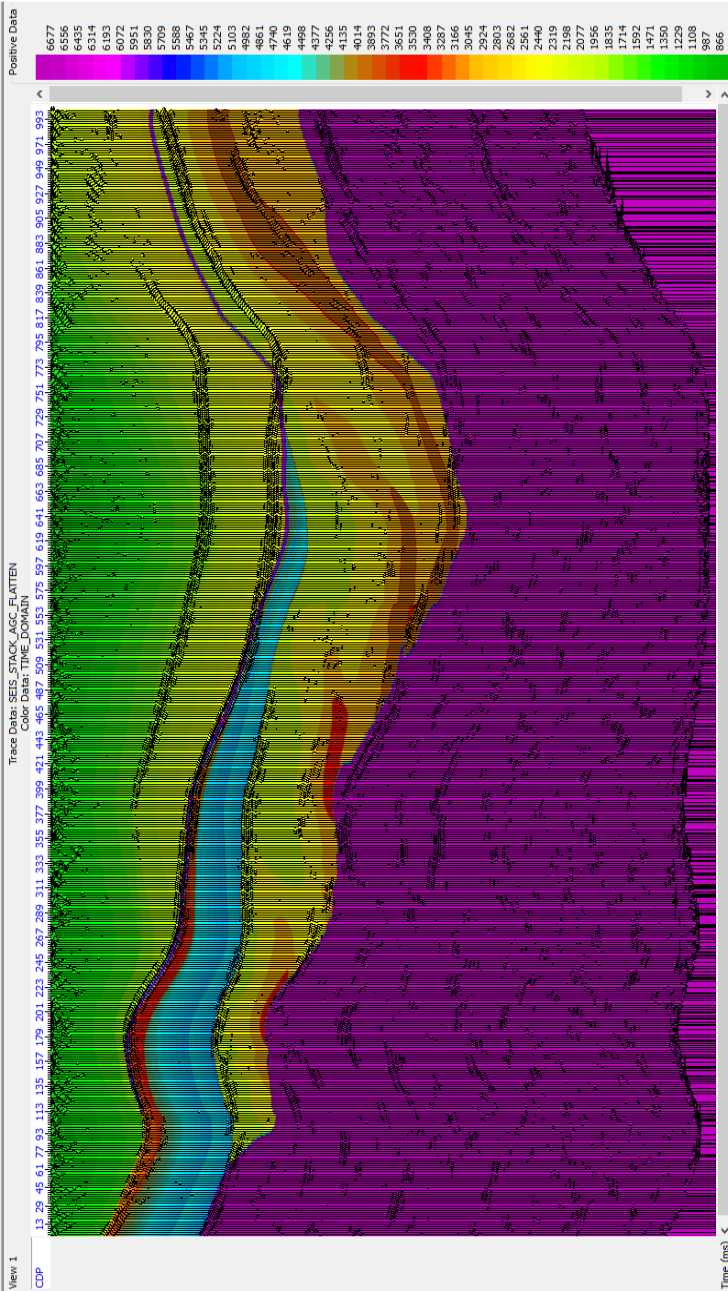
LAMPIRAN



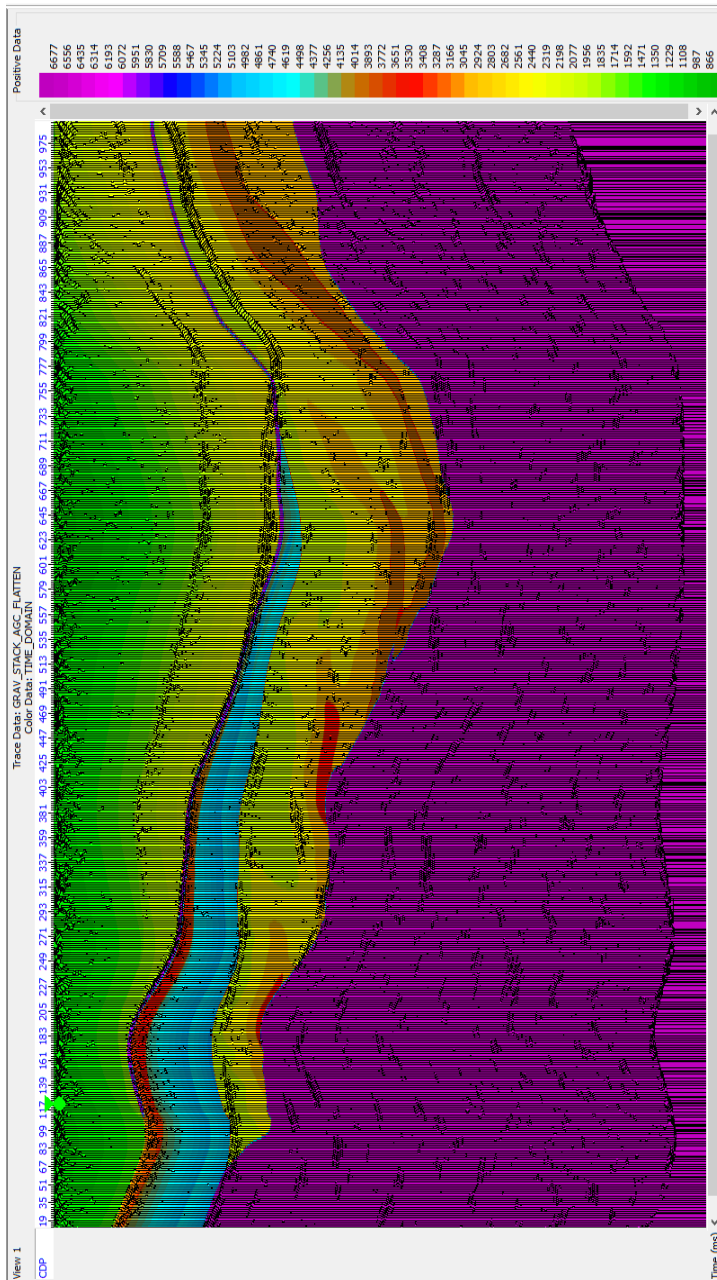
Gambar 1 Model Kecepatan Tanpa Menggunakan Metode Gravitasi Dalam Proses Spherical Divergence



Gambar 2 Model Kecepatan Menggunakan Metode Gravitasi Dalam Proses Spherical Divergence



Gambar 3 Overlay Penampang Data Seismik Pengolahan Mandiri Terhadap Model Awal



Gambar 4 Overlay Penampang Data Seismik Menggunakan Model Kecepatan Data Gravitasi Terhadap Model Awal

Script Matlab Forward Gravitasi :

```
[m,n]=size(model);
```

```
g.const=6.67e-11; %G
```

```
for i=1:length(coor_obs_x);
```

```
    kk=1;
```

```
    clc
```

```
    progress=i*100/length(coor_obs_x)
```

```
    for ii=1:length(coor_m_x);
```

```
        for jj=1:length(coor_m_z);
```

```
            A=coor_obs_x(i)-coor_m_x(ii)+dx/2;
```

```
            B=coor_obs_x(i)-(coor_m_x(ii)+dx/2);
```

```
            C=coor_obs_z(i)-coor_m_z(jj)+dz/2;
```

```
            D=coor_obs_z(i)-(coor_m_z(jj)+dz/2);
```

```
%            plot(A,zi(jj),'-bo');
```

```
%            hold on
```

```
%            plot(B,zi(jj),'-bo');
```

```
%            plot(C,xi(ii),'-bo');
```

```
%            plot(D,xi(ii),'-bo');
```

```
            g.kernel(i,kk)=g.const*(A*log((A^2+D^2)/(A^2+C^2))-
```

```
B*log((B^2+D^2)/(B^2+C^2))+2*D*(atan(A/D)-atan(B/D))-2*C*(atan(A/C)-
```

```
atan(B/C)));
```

```
            kk=kk+1;
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
[m,n]=size(model);
```

```
g.rho=reshape(model,[m*n,1]);
```

```
g.obs=g.kernel*g.rho;
```

```
g.obs=g.obs*1e5;
```

PROFIL PENULIS



Jeremy Gohitua MacArthur lahir di Palembang, 13 Mei 1996 dari pasangan Bapak Haryadi Sitorus dan Ibu Torang Panjaitan. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Pendidikan formal penulis diantaranya di SDK Xaverius 9 Palembang (2002-2004), dilanjutkan di SDK Strada Nawar Bekasi (2004-2008), kemudian dilanjutkan di SMPK Santo Markus II Jakarta (2008-2011), dilanjutkan di SMAN 48 Jakarta (2011-2014). Terakhir penulis sedang menempuh pendidikan tinggi di Departemen Teknik Geofisika Insitut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama Menjadi mahasiswa di ITS, penulis aktif dalam kegiatan organisasi baik di dalam maupun di luar kampus, diantaranya pernah menjadi staff

Internal Department Society of Exploration Geophysicist ITS Student Chapter (SEG ITS-SC) perioda 2015/2016, Student Volunteer (SV) di 41st Indonesian Petroleum Association Convention and Exhibition 2017, asisten laboratorium di Laboratorium Eksplorasi Departemen Teknik Geofisika ITS Surabaya pada tahun 2017, *President Society of Exploration Geophysicist ITS Student Chapter (SEG ITS-SC) perioda 2016/2017* dan asisten laboratorium di Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan Departemen Teknik Geofisika ITS Surabaya pada tahun 2018. Penulis juga aktif di kegiatan-kegiatan keilmiahan baik nasional maupun internasional yaitu diantaranya, , partisipan dalam *Student Conference "Petroleum Integrated Days (Petrovida) conjunction with Asia Pasific SPE Student Chapter Conference (APSC) 2016"* yang diselenggarakan oleh SPE Asia Pasific dan SPE ITS Surabaya, mengikuti kompetisi paper di *"Boreyes 2017"* yang di selenggarakan oleh Society of Petroleum Enginnering Universitas Padjajaran, Jawa Barat (SPE Unpad) dengan judul paper *"Identification of Lithology and Reservoir Characterization Using Seismic Inversion and Multi-Atribute, Plan of Development of the Forensik Field"*, publikasi paper di 5th Indonesia International Geothermal Convention and Exhibition (IIGCE) yang diselenggarakan oleh Indonesian Geothermal Association (INAGA) dengan judul paper *"Geothermal Initial Survey: Potential Mapping using Land Surface Temperature Map and Land Use Map in Mt. Ijen, Banyuwangi, East Java"*, publikasi paper di 2nd International Undergraduated Research Conference yang diselenggarakan oleh Military Technical Collage (MTC) Egypt dengan judul paper *"The Bamboo Utilization for Mitigation of Soil Liquefaction Potential at Civilization Area, Study Case at Surabaya, East Java"*, dan publikasi paper di 42nd Indonesian Petroleum Association Convention and

Exhibition yang diselenggarakan oleh Indonesian Petroleum Association dengan judul paper “*Integration Of Magnetotelluric, Gravity And Seismic Data For Sub-Volcanic Imaging*”. Beberapa penghargaan telah diraih oleh penulis yaitu sebagai penerima beasiswa PPA pengganti dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi pada tahun 2016 dan Best Paper dalam kegiatan ilmiah 2nd International Undergraduated Research Conference yang diselenggarakan oleh Military Technical Collage (MTC) Egypt. Penulis juga memiliki pengalaman melaksanakan kerja praktek di PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu pada bulan Januari – Februari 2017 dengan judul penelitian “Karakterisasi Zona Reservoir Hidrokarbon menggunakan Metode Inversi Akustik Impedance, Studi Kasus Lapangan Kapuan”. Jika ingin berdiskusi lebih jauh mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi email penulis di jeremygohitua@gmail.com.