

**STUDI POLA SUB-CEKUNGAN HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS *SPECTRAL DECOMPOSITION*, PEMODELAN 2D DAN  
PEMODELAN 3D BERDASARKAN DATA GAYABERAT  
DAERAH LONGIRAM, KALIMANTAN TIMUR**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**DICKY FEBRIYANSYAH**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2018**

## **ABSTRACT**

### **"HYDROCARBON SUB-BASIN STUDY USING SPECTRAL DECOMPOSITION ANALYSIS, 2D MODELING AND 3D MODELING BASED ON GRAVITY DATA OF LONGIRAM, EAST KALIMANTAN"**

**By**

**Dicky Febriyansyah**

Longiram is an area which has direct contact with the Kutai Basin, East Kalimantan. The existence of a geologic structure in the form of a relatively East-Southwest oriented fault structure led to the study area having several sub-basins and basements. To determine the structure pattern and boundary layer of bedrock that causing the formation of hydrocarbon potential sub-basin can be identified by using gravity data. Gravity data processing by using spectrum analysis to determine the border of sedimentary layers with bedrock and spectral decomposition to obtain information about the pattern of geological structures in the study area. To minimize the ambiguity in this study, FHD (First Horizontal Derivative) and SVD (Second Vertical Derivative) analysis were conducted to estimate the existence of the fracture as a sub-basin pattern. From the result of 2D and 3D modeling, the research area has hydrocarbon potential. It is analyzed from gravity data processing result, there are three sub-basins which become the area of formation and maturation of hydrocarbons. This area also has high area which has potential as trap and there are several fault as a pathway for the hydrocarbons migration.

**Keywords:** gravity, spectrum analysis, spectral decomposition, forward modeling, inverse modeling

## ABSTRAK

### “STUDI POLA SUB-CEKUNGAN HIDROKARBON MENGGUNAKAN ANALISIS *SPECTRAL DECOMPOSITION*, PEMODELAN 2D DAN PEMODELAN 3D BERDASARKAN DATA GAYABERAT DAERAH LONGIRAM, KALIMANTAN TIMUR”

Oleh

**Dicky Febriyansyah**

Daerah Longiram merupakan wilayah yang memiliki kontak langsung dengan Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Keberadaan struktur geologi yang berupa struktur patahan berarah relatif Timur Laut-Barat Daya menyebabkan daerah penelitian ini memiliki beberapa sub-cekungan dan tinggian *basement*. Untuk mengetahui pola struktur dan batas lapisan batuan dasar yang menyebabkan terbentuknya sub-cekungan berpotensi hidrokarbon ini, dapat dilakukan dengan menggunakan data gayaberat. Pengolahan data gayaberat dengan menggunakan analisis spektrum untuk menentukan batas lapisan sedimen dengan batuan dasar dan *spectral decomposition* untuk mendapatkan informasi mengenai pola struktur geologi perkedalaman yang terdapat pada daerah penelitian. Untuk memperkecil ambiguitas dalam penelitian ini, dilakukan pula analisis FHD (*First Horizontal Derivative*) dan SVD (*Second Vertical Derivative*) yang dilakukan untuk mengestimasi keberadaan patahan sebagai pola pembentuk sub-cekungan. Dari hasil pemodelan 2D dan 3D didapatkan bahwa daerah penelitian memiliki potensi hidrokarbon. Hal ini bisa dilihat dari hasil pengolahan data gayaberat, dimana diperoleh tiga sub-cekungan yang menjadi tempat pembentukan dan pematangan hidrokarbon. Pada daerah penelitian ini juga terdapat tinggian yang berpotensi sebagai perangkap, serta terdapat beberapa patahan yang berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon.

Kata kunci: gayaberat, analisis spektral, *spectral decomposition*, *forward modelling*, *inverse modelling*

**STUDI POLA SUB-CEKUNGAN HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS *SPECTRAL DECOMPOSITION*, PEMODELAN 2D DAN  
PEMODELAN 3D BERDASARKAN DATA GAYABERAT  
DAERAH LONGIRAM, KALIMANTAN TIMUR**

**Oleh**

**Dicky Febriyansyah**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2018**

Judul Skripsi

: **STUDI POLA SUB-CEKUNGAN  
HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS SPEKTRAL DECOMPOSITION,  
PEMODELAN 2D DAN PEMODELAN 3D  
BERDASARKAN DATA GAYABERAT  
DAERAH LONGIRAM, KALIMANTAN  
TIMUR**

Nama Mahasiswa

: *Dicky Febriansyah*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1415051019

Jurusan

: Teknik Geofisika

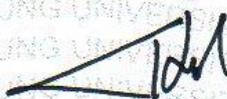
Fakultas

: Teknik

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing I



**Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197509112000121002

Pembimbing II



**Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.**  
NIP. 196207171987031002

**2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika**



**Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197509112000121002

**Judul Skripsi**

**: STUDI POLA SUB-CEKUNGAN  
HIDROKARBON MENGGUNAKAN  
ANALISIS SPEKTRAL DECOMPOSITION,  
PEMODELAN 2D DAN PEMODELAN 3D  
BERDASARKAN DATA GAYABERAT  
DAERAH LONGIRAM, KALIMANTAN  
TIMUR**

**Nama Mahasiswa**

**: Dicky Febriyansyah**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

**: 1415051019**

**Jurusan**

**: Teknik Geofisika**

**Fakultas**

**: Teknik**



**MENYETUJUI**

**Pembimbing Lapangan,**

**Imam Setiadi, S.Si, MT**

**NIP. 197810172002121001**

**MENGESAHKAN**

**I. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**

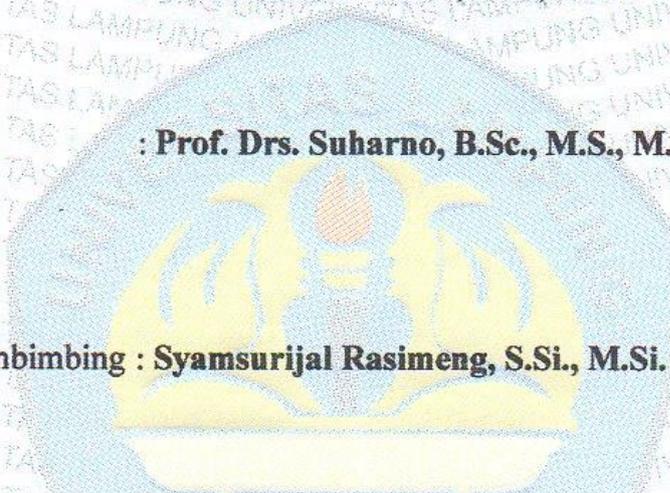
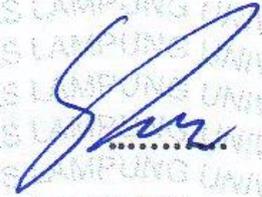


**Sekretaris : Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU. ....**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**



**Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

**Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.  
NIP. 196207171987031002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Juli 2018**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 3 Juli 2018



**Dicky Febriyansyah**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanawata'ala berkat rahmat dan kuasanya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Studi Pola Sub-Cekungan Hidrokarbon Menggunakan Analisis Spektral Decomposition, Pemodelan 2D dan Pemodelan 3D Berdasarkan Data Gayaberat Daerah Longiram, Kalimantan Timur”**. Skripsi ini merupakan hasil penelitian Tugas Akhir Penulis di Pusat Survei Geologi sekaligus bagian dari persyaratan meraih gelar S-1 Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Harapan penulis dengan adanya penelitian ini semoga dapat menambah khazanah ilmu di bidang pengembangan perangkat lunak pengolahan data terutama di bidang keilmuan Geofisika, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Karenanya, kritik dan saran sangat dibutuhkan guna membangun agar kedepannya penulis dapat memberikan yang lebih baik lagi. Demikian kata pengantar ini, semoga penelitian dapat bermanfaat untuk masa kini dan mendatang.

**Penulis**

*Dicky Febriyansyah*

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Teluk Dalem, Kec. Mataram Baru, Kab. Lampung Timur, Lampung pada Tanggal 8 Februari 1996, anak kedua dari lima bersaudara pasangan Bapak Dul Wahab dan Ibu Megawati.

Penulis mengawali Pendidikan di SDN 1 Teluk Dalem pada tahun 2002, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMPN 1 Mataram Baru pada tahun 2008, dan kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas di SMAN 1 Way Jepara pada tahun 2011.

Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Reguler Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif diberbagai organisasi. Pada tahun 2015-2016 penulis aktif sebagai Anggota Bidang Sains dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika “Bhuwana” Universitas Lampung, Anggota Divisi Sains dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Regional 1 (Sumatera).

Pada tahun 2016-2017 penulis diberi amanah untuk menjabat sebagai Ketua Bidang Sains dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika “Bhuwana”

Universitas Lampung. Selain itu, pada tahun ini pula penulis juga aktif sebagai Anggota Divisi Education and Creative AAPG Unila SC (American Association Petroleum Geologists Universitas Lampung Student Chapter), Anggota Divisi Workshop SEG SC Unila (Society of Exploration Geophysics Student Chapter Universitas Lampung).

Pada tahun 2017-2018 penulis diberi amanah untuk menjabat sebagai President AAPG Unila SC (American Association Petroleum Geologists Universitas Lampung Student Chapter).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rekso Binangun, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah pada Januari-Februari 2017. Pada Bulan September 2017, penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, KESDM dengan tema “**Pemodelan 2D Geologi Bawah Permukaan dan Analisis Struktur Berdasarkan Data Gayaberat Daerah Pamanukan**”. Kemudian pada Bulan Januari-Februari 2018 penulis melaksanakan Tugas Akhir di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, KESDM dengan tema “**Studi Pola Sub-Cekungan Hidrokarbon Menggunakan Analisis *Spectral Decomposition*, Pemodelan 2D dan Pemodelan 3D Berdasarkan Data Gayaberat Daerah Longiram, Kalimantan Timur**”.

## MOTTO

*“Sesungguhnya allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum, kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri”*

*(Ar-Rad Ayat 11)*

*“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh juga kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”*

*(Al-Baqarah Ayat 216)*

*“Cara berpikir dan apa yang sedang dipikirkan akan menjadi penentu tentang apa yang akan diperbuat dimenit atau bahkan detik selanjutnya”*

*(Penulis)*

*“Permasalahan hidup yang berat terkadang membuat diri lelah dan merasa kalah, kondisi ini akan berbanding terbalik apabila permasalahan yang berat ini telah dilewati, karena apabila ini telah terlewati, diri akan menjadi jauh lebih kuat dan merasa sangat percaya bahwa kemenangan akan datang ketika kita kembali dihampiri maalah-masalah kecil lainnya atau bahkan masalah-masalah besar lainnya”*

*(Penulis)*

## *PERSEMBAHAN*

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat untukku dalam proses penyelesaian skripsi ini.*

*Kupersembahkan karyaku ini kepada :*

*Papa dan Mamaku tercinta, yang tiada henti memberikan motivasi, do'a dan dukungan baik secara moral maupun materi,*

*Kakak dan adik-adik kandungku yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan do'a,*

*Dosen-dosen, Teman-teman, Kakak-kakak dan Adik-adik yang selalu memberikanku ilmu, pengalaman berharga, motivasi dan semangat,*

*Serta Almamaterku tercinta, Universitas Lampung.*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis hanturkan kepada Allah SWT, atas Rahmat, Hidayah dan Ridho-Nya yang tak terkira, serta sholawat beriring salam kepada suri tauladan kita, Rasulullah Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafaatnya di yaumul akhir kelak

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan, yaitu:

1. Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si. selaku pembimbing 1 Tugas Akhir sekaligus Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Terimakasih atas bimbingan dan ilmu-ilmu yang telah diberikan dari awal sampai akhir pelaksanaan Tugas Akhir di jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
2. Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU. selaku pembimbing 2 Tugas Akhir sekaligus Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung. Terimakasih atas bimbingan dan ilmu-ilmu yang telah diberikan dari awal sampai akhir pelaksanaan Tugas Akhir di jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
3. Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku penguji Tugas Akhir sekaligus Sekretaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.

4. Bapak Imam Setiadi, S.T., M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi Kementerian ESDM.
5. Bapak Dr. Muh, Sarkowi, S.Si., M.T. selaku Pembimbing Akademik, serta seluruh dosen pengajar jurusan Teknik Geofisika yang telah mengajarkan ilmu yang sangat berguna bagi penulis, terutama di bidang keilmuan geofisika.
6. Kedua orang tua, Papa Dul Wahab dan Mama Megawati yang tiada henti mendidik, mendo'akan, berkorban dan mendukung penulis dalam segala hal.
7. Keempat saudara kandung penulis, Dodie Yoga Pratama, Dharma Afri Sandi, Dio Fani Vernando dan Dimas Dimas Sebastian yang selalu memberikan do'a dan motivasi kepada penulis.
8. Romi dan Ridho yang menjadi teman seperjuangan Praktik Kerja Lapangan dan Tugas Akhir di Pusat Survey Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM.
9. Keluarga sekaligus rekan seperjuangan, TG14 (Aziz, Romi, Martin, Malik, Dharta, Pungky, Amir, Ridho, Agra, Niko, Helbrat, Ilham, Indra, Nana, Norman, Morales, Filza, Jefri, Azri, Windi, Fhera, Agung, Budi, Diana, Alfian, Arief, Aul, Kiki, Cinthia, Ikhwan, Ida, Evi, Ino, Witta, Yuda, Zaki, Viska, Asrin, Delvia, Desta, Dimas, Ewin, Fajar, Faqih, Fitria, Gaffar, Galang, Ghiat, Isti, Farizi, Nabila, Indah, Nupit, Tiwi, Andi, Alfa, Iqbal, Rhaka, Aldi, Rita, Pakde, Sofyan, Umi Diana, Ipeh) yang selama ini mendukung dan menjadi tempat berbagi suka dan duka pada masa perkuliahan.
10. Teman-teman KKN Desa Rekso Binangun, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah (Retno Wulantari, Astri Ningtias Suci, Ria Andriana, Kiki Rizkita Putri, Gesta Mandalika Firmansyah, dan Rizky Hendra Wijaya).

Terimakasih atas kebersamaan selama 40 hari KKN yang tetap terjaga sampai saat ini, terutama kepada Retno Wulantari yang selalu mendukung dan menjadi tempat berbagi cerita keluh kesah penulis.

11. HIMA TG Bhuwana, AAPG Unila SC dan SEG SC Unila yang telah menjadi tempat pengembangan jiwa kepemimpinan serta pengalaman keorganisasian yang sangat bermanfaat bagi penulis.
12. Kakak serta adik tingkat keluarga besar Teknik Geofisika Universitas Lampung yang penulis banggakan.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak perhatian, dukungan, semangat, kritik dan saran.
14. Serta almamater Universitas Lampung tercinta.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan kebaikan pula dari Allah SWT.

Demikianlah, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 3 Juli 2018

**Dicky Febriyansyah**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>COVER DALAM .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>x</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>xii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	2
C. Batasan Masalah .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Letak dan Lokasi Penelitian.....	4
B. Morfologi Daerah Penelitian.....	5
C. Struktur Geologi Daerah Penelitian .....	6
D. Stratigrafi Daerah Penelitian.....	8
E. <i>Petroleum System</i> Cekungan Kutai.....	13
<b>III. TEORI DASAR</b>	
A. Metode Gayaberat.....	15
B. Konsep Dasar Gayaberat.....	15
1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton I) .....	15
2. Percepatan Gravitasi (Hukum Newton II).....	16

C. Anomali Bouguer.....	17
D. Analisis Spektral .....	18
E. <i>Spectral Decomposition</i> .....	21
F. <i>Gaussian Filter</i> .....	22
G. <i>First Horizontal Derivative</i> .....	23
H. <i>Second Vertical Derivative</i> .....	24
I. <i>Forward Modelling</i> .....	26
J. <i>Inverse Modelling</i> .....	27

#### IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi, Waktu dan Judul Penelitian.....	28
B. Alat dan Bahan.....	28
C. Pengolahan Data .....	29
D. Diagram Alir Penelitian .....	33
E. Jadwal Penelitian .....	34

#### V. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

A. Anomali Bouguer Lengkap.....	35
B. Pemisahan Anomali Bouguer Lengkap dengan Analisis Spektral dan <i>Spectral Decomposition</i> .....	36
1. Analisis Spektral .....	36
1.1. Penapisan ( <i>Filter</i> ) <i>Gaussian</i> .....	47
1.2. Anomali Regional .....	47
1.3. Anomali Residual.....	48
2. <i>Spectral Decomposition</i> .....	50
2.1. Kedalaman 1 km .....	50
2.2. Kedalaman 2 km .....	54
2.3. Kedalaman 3 km .....	57
2.4. Kedalaman 4 km .....	60
2.5. Anomali Residual.....	64
C. Interpretasi Kualitatif .....	67
1. Pola Tinggian dan Sub-cekungan .....	68
2. Analisis <i>Derivative</i> .....	71
D. Interpretasi Kuantitatif .....	74
1. Penentuan Jenis dan Arah Patahan Berdasarkan Analisis <i>Derivative</i> .....	74
2. Pemodelan Ke Depan ( <i>Forward Modelling</i> ).....	80
1.1. Pemodelan Ke Depan ( <i>Forward Modelling</i> ) Lintasan 1 (A-A') .....	82
1.2. Pemodelan Ke Depan ( <i>Forward Modelling</i> ) Lintasan 2 (B-B').....	89

1.3 Pemodelan Ke Depan ( <i>Forward Modelling</i> ) Lintasan 3 (C-C') .....	96
3. Pemodelan Ke Belakang ( <i>Inverse Modelling</i> ) .....	105

**VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Peta Daerah Penelitian.....	4
<b>Gambar 2.</b> Peta Topografi Daerah Penelitian.....	5
<b>Gambar 3.</b> Struktur Geologi Daerah Penelitian .....	7
<b>Gambar 4.</b> Stratigrafi Daerah Penelitian .....	12
<b>Gambar 5.</b> Grafik Hubungan Antara Amplitudo dan Bilangan Gelombang pada Analisis Spektrum.....	21
<b>Gambar 6.</b> Nilai Gradien Horizontal pada Model Tabular.....	24
<b>Gambar 7.</b> Diagram Alir Penelitian.....	33
<b>Gambar 8.</b> Peta Anomali Bouguer Daerah Penelitian.....	34
<b>Gambar 9.</b> Sayatan Pada Peta Anomali Bouguer .....	38
<b>Gambar 10.</b> Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 1) Analisis Spektrum.....	39
<b>Gambar 11.</b> Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 2) Analisis Spektrum.....	40
<b>Gambar 12.</b> Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 3) Analisis Spektrum.....	42
<b>Gambar 13.</b> Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 4) Analisis Spektrum.....	43
<b>Gambar 14.</b> Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 5) Analisis Spektrum.....	44
<b>Gambar 15.</b> Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 6) Analisis Spektrum.....	45
<b>Gambar 16.</b> Peta Anomali Regional Hasil Analisis Spektrum.....	48
<b>Gambar 17.</b> Peta Anomali Regional Hasil Analisis Spektrum.....	49

<b>Gambar 18.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 1) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km.....	51
<b>Gambar 19.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 2) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km.....	51
<b>Gambar 20.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 3) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km.....	51
<b>Gambar 21.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 4) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km.....	52
<b>Gambar 22.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 5) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km.....	52
<b>Gambar 23.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 6) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km.....	52
<b>Gambar 24.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 1) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km.....	54
<b>Gambar 25.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 2) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km.....	54
<b>Gambar 26.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 3) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km.....	55
<b>Gambar 27.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 4) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km.....	55
<b>Gambar 28.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 5) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km.....	55
<b>Gambar 29.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 6) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km.....	56
<b>Gambar 30.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 1) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km.....	57
<b>Gambar 31.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 2) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km.....	58
<b>Gambar 32.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 3) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km.....	58
<b>Gambar 33.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 4) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km.....	58

<b>Gambar 34.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 5) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km.....	59
<b>Gambar 35.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 6) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km.....	59
<b>Gambar 36.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 1) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km.....	61
<b>Gambar 37.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 2) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km.....	61
<b>Gambar 38.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 3) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km.....	62
<b>Gambar 39.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 4) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km.....	62
<b>Gambar 40.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 5) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km.....	62
<b>Gambar 41.</b>	Grafik $\ln A$ vs $k$ (Lintasan 6) <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km.....	63
<b>Gambar 42.</b>	Peta Anomali Residual Kedalaman 1 km.....	65
<b>Gambar 43.</b>	Peta Anomali Residual Kedalaman 2 km.....	65
<b>Gambar 44.</b>	Peta Anomali Residual Kedalaman 3 km.....	66
<b>Gambar 45.</b>	Peta Anomali Residual Kedalaman 4 km.....	66
<b>Gambar 46.</b>	Pola Tinggian dan Pola Sub-Cekungan Pada Peta Anomali Residual.....	69
<b>Gambar 47.</b>	Kontur SVD Pada Peta Anomali Residual dan Overlay Struktur Berdasarkan Peta Geologi .....	72
<b>Gambar 48.</b>	Analisis Keberadaan Patahan (Sesar) Berdasarkan Analisis SVD.....	73
<b>Gambar 49.</b>	Model Sintetik Patahan Turun dengan Arah NE-SW .....	75
<b>Gambar 50.</b>	Model Sintetik Patahan Turun dengan Arah SE-NW .....	76
<b>Gambar 51.</b>	Model Sintetik Patahan Naik dengan Arah SE-NW .....	77

<b>Gambar 52.</b>	Model Sintetik Patahan Naik dengan Arah NE-SW .....	78
<b>Gambar 53.</b>	Lintasan Pemodelan 2D pada Peta Geologi .....	81
<b>Gambar 51.</b>	Lintasan Pemodelan 2D pada Peta Anomali Residual .....	82
<b>Gambar 55.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan A-A' Pada Kedalaman 1km.....	83
<b>Gambar 56.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan A-A' Pada Kedalaman 2 km.....	84
<b>Gambar 57.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan A-A' Pada Kedalaman 3 km.....	85
<b>Gambar 58.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan A-A' Pada Kedalaman 4 km.....	86
<b>Gambar 59.</b>	Model 2D Bawah Permukaan Lintasan A-A' .....	87
<b>Gambar 60.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan B-B' Pada Kedalaman 1 km.....	90
<b>Gambar 61.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan B-B' Pada Kedalaman 2 km.....	91
<b>Gambar 62.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan B-B' Pada Kedalaman 3 km.....	92
<b>Gambar 63.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan B-B' Pada Kedalaman 4 km.....	93
<b>Gambar 64.</b>	Model 2D Bawah Permukaan Lintasan B-B' .....	94
<b>Gambar 65.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan C-C' Pada Kedalaman 1 km.....	97
<b>Gambar 66.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan C-C' Pada Kedalaman 2 km.....	98
<b>Gambar 67.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan C-C' Pada Kedalaman 3 km.....	99
<b>Gambar 68.</b>	Analisis <i>Spectral Decomposition</i> Lintasan C-C' Pada Kedalaman 4 km.....	100
<b>Gambar 69.</b>	Model 2D Bawah Permukaan Lintasan C-C' .....	101

<b>Gambar 70.</b>	Model Geologi Bawah Permukaan Lintasan A-A' .....	104
<b>Gambar 71.</b>	Model Geologi Bawah Permukaan Lintasan B-B' .....	104
<b>Gambar 72.</b>	Model Geologi Bawah Permukaan Lintasan C-C' .....	104
<b>Gambar 73.</b>	Solid Model Hasil Inversi 3D.....	105
<b>Gambar 74.</b>	Penampang Lintasan A-A' Hasil Inversi 3D.....	107
<b>Gambar 75.</b>	Penampang Lintasan B-B' Hasil Inversi 3D .....	108
<b>Gambar 76.</b>	Penampang Lintasan C-C' Hasil Inversi 3D .....	109
<b>Gambar 77.</b>	Tampilan Gabungan 3 Section .....	110

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Contoh Operator <i>Filter Gaussian</i> .....	23
<b>Tabel 2.</b> Operator <i>Filter SVD Elkins</i> .....	26
<b>Tabel 3.</b> Jadwal Kegiatan Penelitian .....	34
<b>Tabel 4.</b> Kedalaman Bidang Anomali Penampang Lintasan 1-8 .....	46
<b>Tabel 5.</b> Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N).....	46
<b>Tabel 6.</b> Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N) pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km .....	63
<b>Tabel 7.</b> Kedalaman Bidang Anomali Penampang Lintasan 1-6 pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 1 km .....	53
<b>Tabel 8.</b> Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N) pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km .....	56
<b>Tabel 9.</b> Kedalaman Bidang Anomali Penampang Lintasan 1-6 pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 2 km .....	57
<b>Tabel 10.</b> Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N) pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km .....	60
<b>Tabel 11.</b> Kedalaman Bidang Anomali Penampang Lintasan 1-6 pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 3 km .....	60
<b>Tabel 12.</b> Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N) pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km .....	63
<b>Tabel 13.</b> Kedalaman Bidang Anomali Penampang Lintasan 1-6 pada <i>Spectral Decomposition</i> Kedalaman 4 km .....	64

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Indo-australia, dan Lempeng Eurasia, dimana lempeng-lempeng tersebut terus aktif bergerak sampai sekarang. Pertemuan lempeng-lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya jalur pegunungan hampir di seluruh pulau-pulau yang ada di Indonesia dan pada bagian belakang atau depan jalur pegunungan ini terbentuk suatu cekungan yang berfungsi sebagai tempat pengendapan sedimen. Keberadaan cekungan-cekungan sedimen ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi hidrokarbon terbesar di dunia (Tryono, 2015).

Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah dengan prospek hidrokarbon yang cukup besar di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan terdapatnya beberapa cekungan sedimen yang berada pada daerah Kalimantan Timur ini, salah satu cekungan hidrokarbon tersebut adalah Cekungan Kutai. Berdasarkan letaknya cekungan ini dibagi menjadi dua, yaitu Cekungan Kutai bawah dan Cekungan Kutai atas. Cekungan Kutai bawah berada pada bagian Timur Cekungan, sedangkan Cekungan Kutai atas berada pada bagian Barat

Cekungan. Lokasi penelitian adalah daerah Longiram yang merupakan bagian dari Cekungan Kutai bagian atas (Satyana dkk., 1999).

Metode Gayaberat merupakan metode yang sangat peka terhadap perubahan ke arah lateral maupun vertikal, oleh karena itu metode ini sering digunakan untuk mempelajari struktur geologi, batuan dasar, intrusi batuan, cekungan sedimen, endapan sungai purba dan lain-lain (Sarkowi, 2014). Keberadaan suatu sistem sub-cekungan hidrokarbon tidak lepas dari adanya struktur geologi, seperti patahan, antiklin dan lain-lain. Analisis *spectral decomposition* dapat digunakan untuk mengetahui pola struktur geologi berupa patahan yang dapat menjadi pendukung terbentuknya sub-cekungan hidrokarbon. Analisis *spetral decomposition* ini dibantu dengan analisis *derivative* guna mengurangi ambiguitas dalam proses interpretasi. Dengan melakukan penelitian menggunakan metode gayaberat disertai beberapa analisis pendukung yang dilakukan pada proses pengolahan data, diharapkan dapat diketahui pola sub-cekungan, batas lapisan sedimen dengan batuan dasar, pola tinggian dan struktur bawah permukaan agar bisa digunakan untuk tahap awal menemukan potensi-potensi hidrokarbon yang baru.

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggambarkan pola anomali gayaberat daerah Longiram, Kalimantan Timur.
2. Mengestimasi kedalaman zona regional dan residual dari anomali bouguer lengkap dengan menggunakan analisis spektrum.

3. Menentukan pola struktur patahan daerah Longiram, Kalimantan Timur berdasarkan analisis *spectral decomposition* terhadap anomali residual gayabarat.
4. Mendeliniasi pola sub-cekungan dari anomali residual.
5. Menginterpretasi struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian melalui pemodelan 2D (*forward modelling*) dan 3D (*inverse modelling*).

### **C. Batasan Masalah**

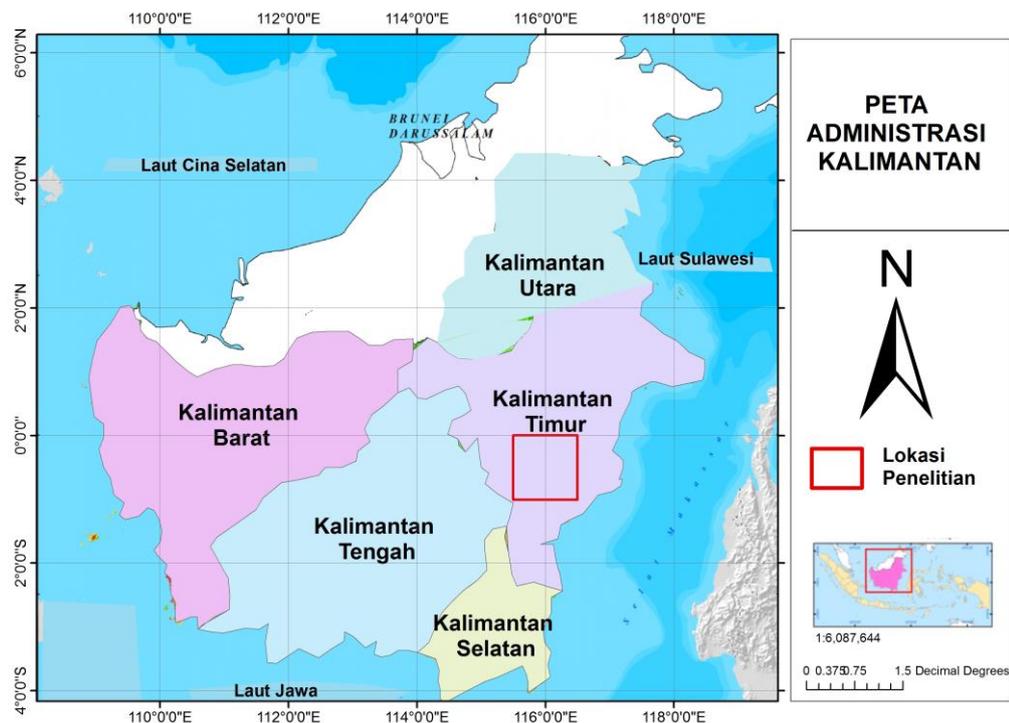
Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder, hal ini berarti data yang digunakan adalah data anomali bouguer lengkap yang telah mengalami beberapa koreksi sebelumnya.
2. Analisa *spectral decomposition* pola struktur patahan berdasarkan anomali residual untuk melihat pola sub-cekungan pada daerah penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Letak dan Lokasi Penelitian

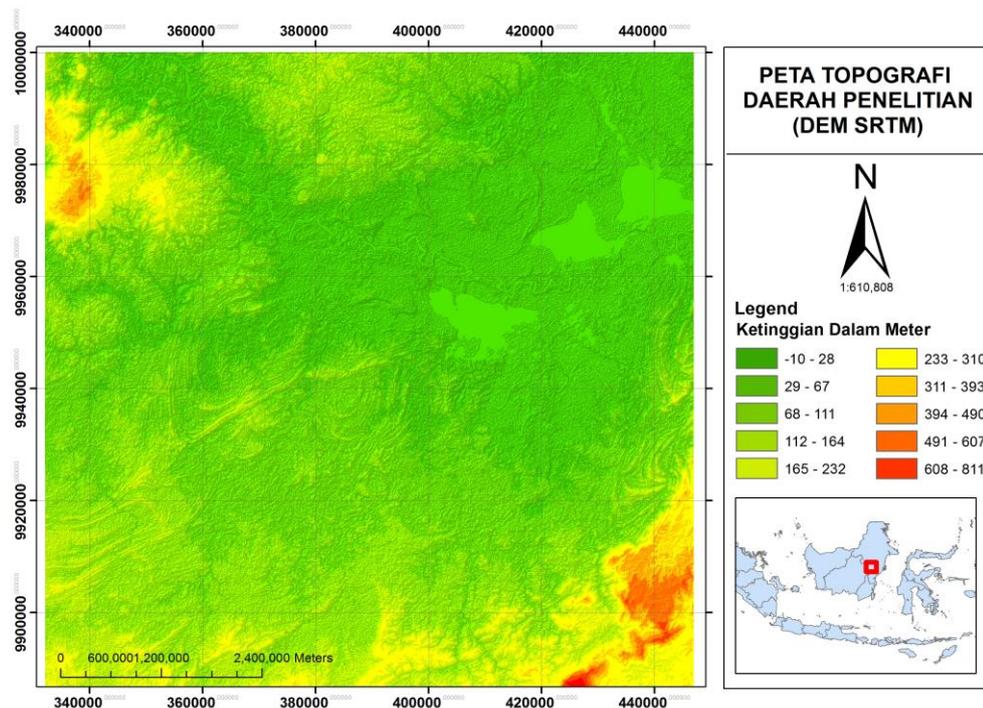
Lokasi daerah penelitian berada pada koordinat  $0^{\circ}00' - 1^{\circ}00'$  LS dan  $115^{\circ}30' - 116^{\circ}30'$  BT sedangkan dalam UTM WGS84 terletak pada 9890000 sampai 9990000 mU dan 340000 sampai 440000 mT termasuk kedalam zona 50S, wilayah penelitian tersebut termasuk ke dalam Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Daerah Penelitian (Kementerian LHK, 2015)

## B. Morfologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian memiliki beberapa satuan morfologi, yaitu satuan morfologi perbukitan terjal, perbukitan landai dan pedataran. Satuan morfologi perbukitan terjal ini berada di bagian Tenggara dan Barat Laut daerah penelitian. Satuan ini disusun oleh beberapa formasi batuan, yaitu Formasi Meragoh, Ujohbilang, dan Tuyu. Satuan morfologi perbukitan landai berada pada bagian Utara, Barat Daya dan Selatan. Satuan morfologi ini memiliki pola aliran sungai dendritik. Satuan morfologi perbukitan landai ini tersusun oleh beberapa formasi batuan, yaitu Formasi Wahau, Kampungbaru, dan Meragoh. Satuan morfologi pedataran berada di bagian Tengah sampai Timur Laut, yang berada dekat dengan aliran Sungai Mahakam. Satuan morfologi pedataran ini terdiri dari beberapa formasi batuan, yaitu alluvium, Formasi Kampungbaru dan Formasi Meragoh (Rahmat, 2007). Kondisi morfologi daerah penelitian diperlihatkan pada peta DEM SRTM (**Gambar 2**).

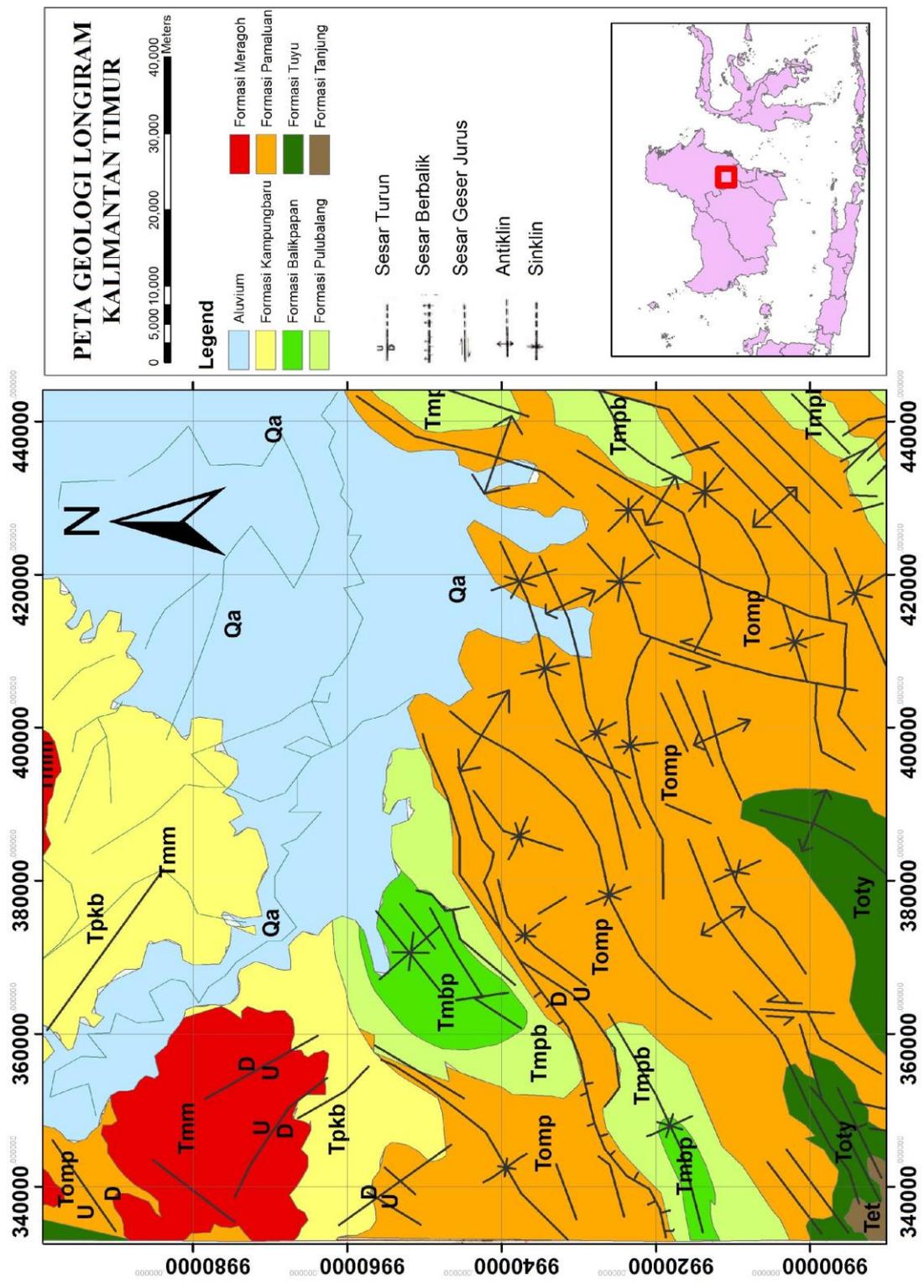


**Gambar 2.** Peta Topografi Daerah Penelitian

### C. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Tektonik regional yang disebabkan oleh Interaksi Lempeng Pasifik, Indo-australia dan Eurasia serta tatanan tektonik regional di bagian Asia Tenggara merupakan faktor utama yang mengontrol segala aktivitas tektonik yang ada di wilayah Kalimantan Timur. Cekungan Kutai di Kalimantan termasuk dalam kategori cekungan busur belakang yang terbentuk akibat interaksi antara lempeng samudera dan lempeng benua. Pola pengendapan pada Cekungan Kutai ini dipengaruhi oleh peregangan yang terjadi di Selat Makassar (Ibrahim, 2005).

Cekungan Kutai dan Cekungan Barito awalnya merupakan cekungan besar berarah Utara Timur-Lut-Selatan Barat Daya. Pengangkatan Blok Meratus, menyebabkan Cekungan Kutai dan Barito terpisah. Pemisahan dua cekungan ini dicirikan dengan adanya kelurusan zona patenosfer sebagai dampak dari aktivitas Sesar Adang atau yang biasa disebut *South Kutai Boundary Fault*. Proses pemekaran yang terjadi pada Laut Sulawesi dan bagian Utara Selat Makasar diduga merupakan aktivitas utama yang mendasari terbentuknya Cekungan Kutai. Sejumlah *half graben* pada Cekungan Kutai yang ditemukan pada Eosen Akhir menunjukkan bahwa pada Cekungan Kutai telah terjadi fasa ekstensi regional. Fasa ekstensi regional ini berperan sebagai faktor utama pembentukan Selat dan Laut Makasar. Cekungan Kutai mengalami pendangkalan pada Miosen Awal, hal ini disebabkan oleh adanya pengangkatan pusat cekungan yang terjadi sebagai akibat dari adanya tektonik inversi pada Cekungan Kutai. Pengangkatan pusat cekungan terus berlanjut selama Miosen Tengah dan Pliosen (Biantoro dkk., 1992).



Gambar 3. Peta Geologi Daerah Penelitian (Suwana dan Apandi, 1992)

Daerah penelitian ini memiliki hubungan erat dengan keberadaan Cekungan Kutai, baik struktur geologi maupun stratigrafinya. Antiklinorium Samarinda yang berada pada bagian Tenggara-Timur Cekungan Kutai, mempengaruhi terbentuknya pola struktur pada Cekungan Kutai yang berarah Timur Laut-Barat Daya (NE-SW). Antiklinorium Samarinda berkarakteristik terlipat kuat dan pada beberapa bagiannya dibatasi oleh sinklin-sinklin yang terisi oleh sedimen silisiklastik Miosen (Satyana dkk., 1999).

#### **D. Stratigrafi Daerah Penelitian**

Batuan dasar daerah penelitian memiliki litologi berupa batuan beku metamorf, lalu pada bagian atasnya terdapat batuan dan endapan sedimen yang memiliki umur tua sampai ke muda. Batuan sedimen dan endapan sedimen tersebut Formasi Tanjung, Formasi Tuyu, Formasi Pamaluan, ialah Formasi Meragoh, Formasi Pulubalang, Formasi Balikpapan, Formasi Kampungbaru dan Aluvium.

##### **1. Formasi Tanjung (Tet)**

Formasi Tanjung ini memiliki litologi berupa gamping, batupasir bersisipan serpih dan grawak. Batupasir bertekstur halus sampai kasar, memiliki sisipan tipis kuarsa, mika, mineral hitam, lapisan tipis batubara, sedikit pirit, dan tebal tiap lapisan 2-100 cm. Serpih dengan sedikit gampingan dengan tebal 7-25 cm. Grawak yang memiliki butiran menengah sampai kasar. Formasi ini memiliki lingkungan pengendapan litoral-rawa yang diperkirakan terbentuk pada Eosen Awal. Tebal satuan formasi diperkirakan kurang lebih 1000 m (Suwana dan Apandi, 1992).

## **2. Formasi Tuyu (Toty)**

Formasi ini memiliki litologi batupasir, napal, batulempung dan gamping. Formasi ini diperkirakan terbentuk pada Oligosen Awal bagian tengah. Lingkungan pengendapan laut terbuka. Karakteristik batugamping pada formasi ini mengandung lapisan foramifera berlapis dengan tekstur sedang-kasar dan memiliki butiran yang cukup padat. Batulempung mengandung pirit, serta batugamping yang tersusun atas fosil foraminifera. Tebal lapisan ini diperkirakan kurang dari 2000 m. Satuan ini dilapisi selaras oleh Formasi Pamaluan (Suwana dan Apandi, 1992).

## **3. Formasi Pamaluan (Tomp)**

Formasi ini memiliki litologi batuan berupa batupasir kuarsa bersisipan serpih, batulanau dan batulempung. Batuan utama pada formasi ini ialah batupasir kuarsa yang berwarna kelabu hitam-coklat. Formasi Pamaluan ini memiliki butiran yang bertekstur halus-sedang, memiliki karakteristik padat dan butirannya berebentuk bulat. Struktur sedimen yang menyilang dan perlapisan tersusun sejajar juga ditemukan pada formasi ini. Keberadaan batulempung pada formasi ini diperkirakan memiliki tingkat ketebalan rata-rata sebesar 45 cm yang terdapat pada bagian atas formasi ini. Formasi ini juga memiliki batuan berupa serpih dengan ketebalan sisipan sebesar 10-20 cm yang berwarna kelabu, dengan tingkat kepadatan yang baik. Sementara itu keberadaan batulanau pada formasi ini memiliki warna kelabu tua-kehitaman. Ketebalan Formasi Pamaluan ini kurang lebih 1000 m (Suwana dan Apandi, 1992).

#### **4. Formasi Meragoh (Tmm)**

Formasi ini memiliki litologi berupa lava, diabas, tuf, breksi gunung api dan anglomerat. Formasi Meragoh ini diperkirakan terbentuk pada Miosen Awal sampai Miosen Tengah, dan juga kemungkinan terbentuk pula pada Oligosen. Batuan ini diduga berasal dari hasil kegiatan gunungapi yang berpusat di Gunung Meragoh (Suwana dan Apandi, 1992).

#### **5. Formasi Pulubalang (Tmpb)**

Formasi ini memiliki litologi perselingan batupasir grewak dan batupasir kuarsa sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tuf dasit. Karakteristik batupasir grewak pada formasi ini memiliki tingkat kepadatan baik dengan ketebalan sebesar 50-100 cm dan memiliki warna kelabu kehijauan. Karakteristik batupasir kuarsa pada formasi ini bertipe tufan dan gampingan yang memiliki ketebalan 15-60 cm dengan warna kelabu kemerahan. Karakteristik batugamping pada formasi ini memiliki kandungan foramifera besar dengan warna coklat muda kekuningan. Karakteristik batugamping pada formasi ini memiliki ketebalan 10-40 cm, dan ditemukan pula sisipan lensa batupasir kuarsa. Karakteristik batulempung pada formasi ini memiliki ketebalan 1-2cm dengan warna kelabu kehitaman. Sementara itu, sisipan tuf dasit pada formasi ini terdapat pada sisipan batupasir kuarsa (Suwana dan Apandi, 1992).

#### **6. Formasi Balikpapan (Tmbp)**

Formasi ini memiliki litologi berupa perselingan batupasir dan batulempung yang memiliki sisipan serpih, batulanau, batubara dan

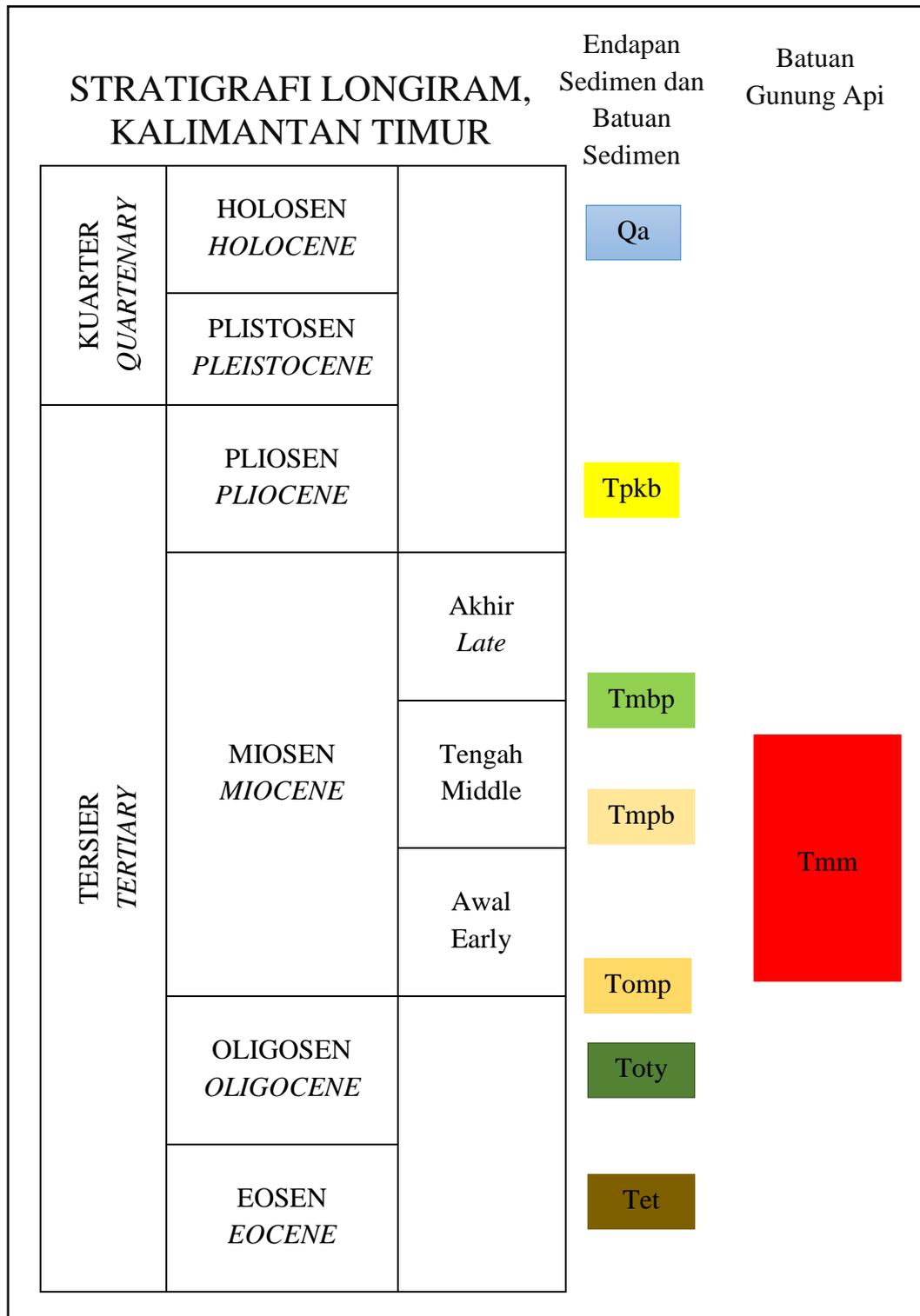
batugamping. Karakteristik batupasir gampingan pada formasi ini memiliki struktur lapisan sejajar dan menyilang dengan ketebalan lapisan 20-40 cm yang memiliki warna coklat serta ditemukan memiliki kandungan sedikit foraminifera. Karakteristik batulempung pada formasi ini terdapat rekahan yang mengandung oksida besi dan lensa batupasir gampingan. Karakteristik batugamping pasiran pada formasi ini memperlihatkan adanya kandungan moluska dan foraminifera yang mengindikasikan bahwa formasi ini terbentuk pada Miosen Akhir bagian bawah-Miosen Tengah bagian atas (Suwana dan Apandi, 1992).

#### **7. Formasi Kampungbaru (Tpkb)**

Formasi Kampungbaru ini memiliki litologi berupa batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau, serpih, batulempung dan lignit yang bertekstur lunak. Karakteristik batupasir kuarsa pada formasi ini memperlihatkan kandungan lapisan tipis tufan, lanau dan sisipan batupasir konglomeratan yang berwarna putih kemerahan-kekuningan. Pada formasi ini ditemukan kandungan sisa tumbuhan, kepingan batubara dan koral. Formasi ini diduga terbentuk pada kala pliosen dengan lingkungan pengendapan berupa delta-laut dangkal. Formasi ini berada selaras terhadap Formasi Balikpapan dan di beberapa tempat tidak selaras terhadap Formasi Balikpapan (Suwana dan Apandi, 1992).

#### **8. Aluvium (Qa)**

Memiliki litologi kerikil, pasir dan lumpur diendapkan pada lingkungan sungai, rawa, delta, dan pantai (Suwana dan Apandi, 1992).



**Gambar 4.** Stratigrafi Daerah Penelitian (Suwana dan Apandi, 1992)

## **E. *Petroleum System* Cekungan Kutai**

### **1. Batuan Induk**

Penyelidikan batuan induk di daerah Mahakam yang dilakukan oleh Burus dkk (1992) mengindikasikan bahwa batuan induk pembentuk hidrokarbon pada area itu berjenis *humic*. Batuan induk pada daerah ini terdiri dari batuan karbonat yang mengandung bahan organik. Jenis batuan induk pada daerah Cekungan Kutai umumnya berupa batugamping dan batugamping yang berasosiasi dengan batubara. Batuan ini memiliki kandungan karbon yang cukup baik dan berperan sangat penting dalam siklus produksi hidrokarbon. Penelitian akan keberadaan hidrokarbon di Cekungan Kutai mengindikasikan bahwa tingkat kematangan minyak dari batuan induk ini mencapai tingkat akhir sampai sedang.

### **2. Batuan Reservoir**

Batuan reservoir pada daerah penelitian terdapat pada Formasi yang memiliki litologi-litologi berupa batupasir dan serpih, dimana batuan-batuan ini memiliki pori-pori yang cukup baik dalam fungsinya sebagai tempat penampungan minyak bumi (Satyana dkk, 1999). Beberapa daerah pada cekungan Kutai, menunjukkan bahwa jenis batuan yang dominan berfungsi sebagai reservoir ialah batuan jenis batupasir dan serpih. Pada daerah Delta Mahakam batuan reservoir utamanya berupa batuan sedimen dengan jenis batupasir. Konektivitas reservoir di kontrol oleh distribusi tubuh batupasir dan posisi pengendapannya.

### 3. Perangkap (*Trap*)

Jenis-jenis perangkap hidrokarbon pada Cekungan Kutai, umumnya berupa lipatan, perangkap sesar inversi, kombinasi antara sesar naik dan lipatan serta perangkap stratigrafi. Menurut Satyana dkk (1999), jenis perangkap hidrokarbon utama yang berada pada Cekungan Kutai ialah perangkap struktur dan stratigrafi. Perangkap kombinasi antara struktur dan stratigrafi biasanya terdapat pada bagian sayap antiklin yang berisi endapan-endapan fluvial. *Petroleum system* pada Cekungan Kutai sangat bergantung dengan keberadaan Antiklinorium Samarinda, dimana Antiklinorium Samarinda ini adalah sistem perangkap struktur utama yang menjadi pengontrol pembentukan cebakan-cebakan hidrokarbon yang terdapat di Cekungan ini.

### 4. Migrasi

Migrasi Hidrokarbon pada Cekungan Kutai secara umum berarah lateral yang sejajar dengan lapisan *updip* dan juga berarah vertikal melalui sitem sesar yang berada di area Cekungan ini. Proses migrasi hidrokarbon pada Cekungan Kutai ini di duga berjalan pada kala Miosen Akhir sampai Pliosen dan mungkin terus berlanut sampai saat ini (Paterson dkk., 1997).

### **III. TEORI DASAR**

#### **A. Metode Gayaberat**

Perbedaan medan gayaberat bumi dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran menggunakan salah satu metode geofisika, metode tersebut ialah metode gayaberat. Adanya perbedaan densitas dan jenis batuan bawah permukaan, adanya perbedaan jarak pusat bumi ke permukaan serta adanya perbedaan topografi dipermukaan bumi inilah yang menyebabkan terjadinya variasi atau perbedaan nilai medan gayaberat di bumi. Keberadaan kontak intrusi, struktur geologi, endapan sungai purba, lubang di dalam tanah dapat dipelajari menggunakan metode gayaberat, hal ini dikarenakan metode gayaberat ini cukup peka terhadap perubahan yang bersifat vertikal ataupun lateral. Dalam upaya awal untuk menemukan struktur yang menyebabkan terbentuknya cekungan hidrokarbon dalam upaya eksplorasi hidrokarbon dapat dilakukan dengan menggunakan metode gayaberat ini (Sarkowi, 2014).

#### **B. Konsep Dasar Gaya Berat**

##### **1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton I)**

Hukum Newton yang menyatakan tentang gaya gravitasi dan medan potensial merupakan teori yang mendukung Ilmu gayaberat atau ilmu gravitasi terapan. Dalam teorinya tersebut, dinyatakan bahwa gaya tarik

menarik antara dua partikel yang memiliki massa sebesar  $m_1$  dan  $m_2$  tergantung dari massa kedua partikel dan jarak antara kedua titik pusat partikel tersebut ( $r$ ) adalah :

$$\vec{F}(r) = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

dimana  $F$  adalah gaya tarik menarik antara dua benda (N),  $m_1$  dan  $m_2$  adalah massa benda 1 dan massa benda 2 (kg),  $r$  adalah jarak antara dua benda tersebut (m) dan  $G$  adalah konstanta universal gayaberat ( $6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg s}^{-2}$ ) (Octonovrilna, 2009).

## 2. Percepatan Gravitasi (Hukum Newton II)

Gaya berbanding lurus dengan hasil perkalian massa benda dengan percepatan yang dialami benda tersebut (Hukum II Newton) :

$$F = m \cdot g \quad (2)$$

Tarikan massa benda  $m_1$  pada jarak  $R$  menyebabkan terjadinya percepatan pada sebuah benda yang bermassa  $m_2$  secara sederhana dapat dinyatakan dengan :

$$g = \frac{F}{m} \quad (3)$$

Bila diterapkan pada percepatan gaya tarik bumi, persamaan tersebut menjadi :

$$g = \frac{F}{m} = G \frac{M \cdot m}{m \times r^2} = G \frac{M}{r^2} \quad (4)$$

dimana  $g$  adalah percepatan gaya tarik bumi,  $M$  adalah massa bumi,  $m$  adalah massa benda,  $F$  adalah gaya berat itu sendiri dan  $R$  adalah nilai jari-jari bumi.

Pengukuran percepatan gayaberat pertama kali dilakukan oleh Galileo, sehingga untuk menghormati Galileo, kemudian didefinisikan :

$$1 \text{ Gall} = 1 \text{ cms}^{-2} = 10^{-2} \text{ ms}^{-2} \text{ (dalam c.g.s)}$$

Satuan anomali gayaberat dalam kegiatan eksplorasi diberikan dalam orde miligal (mGall) :

$$1 \text{ mGall} = 10^{-3} \text{ Gall}$$

$$1 \mu\text{Gall} = 10^{-3} \text{ mGall} = 10^{-6} \text{ Gall} = 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$$

Dalam satuan m.k.s, gaya berat diukur dalam g.u.(gravity unit) atau  $\mu\text{ms}^{-2}$  :

$$1 \text{ mGall} = 10 \text{ g.u.} = 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$$

(Octonovrilna, 2009).

### C. Anomali Bouguer

Benda yang berada dekat dengan permukaan ataupun yang jauh dari permukaan pada metode gayaberat, menyebabkan terbentuknya anomali bouguer (dinamai oleh Pierre Bouguer). Pemisahan efek anomali dangkal dan anomali dalam perlu dilakukan, karena pada eksplorasi geofisika biasanya dilakukan untuk mempelajari struktur yang berada dekat permukaan, diantaranya ialah cekungan hidrokarbon, *reservoir* panas bumi dan struktur geologi. Anomali bouguer adalah selisih antara nilai gravitasi pengamatan atau gravitasi observasi ( $\mathbf{g}_{obs}$ ) dengan nilai gravitasi teoritis atau gravitasi normal ( $\mathbf{g}_n$ ). Perbedaan rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya secara lateral maupun ke arah vertical direfleksikan oleh nilai selisih tersebut. Anomali bouguer dapat memiliki nilai positif ataupun negatif,

perbedaan densitas yang besar pada lapisan bawah tanah biasanya ditemukan pada survei untuk dasar samudera, perbedaan nilai yang besar inilah mengakibatkan terdapatnya anomali positif, sedangkan perbedaan densitas yang kecil biasanya ditemukan pada survei di darat, perbedaan nilai yang kecil ini menyebabkan terdapatnya nilai anomali negatif. Setelah data percepatan gayaberat hasil pengukuran di koreksi, maka akan diperoleh persamaan anomali percepatan gayaberat (Blakely, 1996), yaitu :

1) Anomali Bouguer Sederhana (ABS)

$$ABS = (G_{ob} - G_n) + KUB - KB \quad (5)$$

2) Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

$$ABL = (G_{ob} - G_n) + KUB - KB + KM \quad (6)$$

dimana  $\Delta g$  ( $ABS/ABL$ ) adalah anomali bouguer,  $G_{obs}$  adalah percepatan gayaberat teramati,  $G_n$  adalah nilai percepatan gayaberat setelah koreksi lintang,  $KUB$  adalah koreksi udara bebas,  $KB$  adalah koreksi bouguer dan  $KM$  adalah koreksi medan.

#### **D. Analisis Spektral**

Analisis spektral bertujuan untuk menentukan jendela filter yang akan digunakan dalam memisahkan anomali regional-residual. Dalam analisis spektrum dilakukan proses transformasi fourier untuk mengubah suatu signal menjadi penjumlahan beberapa signal sinusoidal dengan berbagai frekuensi. Hasil transformasi fourier dapat berupa spektrum amplitudo dan spektrum phase. Melalui transformasi fourier nilai gayaberat, pada lintasan yang ingin diperkirakan kedalamannya, dapat diestimasi nilai bilangan gelombang ( $k$ ) dan

amplitudo ( $A$ ), dimana akan diperoleh nilai bilangan gelombang *cut-off* yang akan digunakan pada proses filtering untuk pemisahan anomali dangkal dan anomali dalam (Sarkowi, 2014).

Amplitudo gelombang-gelombang sinus tersebut, lalu display sebagai fungsi dari nilai frekuensi untuk analisis lanjutan. Persamaan berikut akan menunjukkan hasil transformasi fourier  $S(f)$  dari hubungan gelombang  $s(t)$  yang akan diidentifikasi gelombang sinusnya (*input*)

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (7)$$

dimana  $j = \sqrt{-1}$

Selanjutnya untuk studi gayaberat, spektrumnya diturunkan dari nilai potensial gayaberat yang teramati pada bidang horizontal, dimana transformasi fouriernya ialah sebagai berikut (Blakelly, 1996) :

$$F(k) = \gamma \mu F\left(\frac{1}{r}\right) \quad \text{dan} \quad F\left(\frac{1}{R}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0-z_1)}}{|k|} \quad (8)$$

Dimana  $z_1 > z_0$ ,  $|k| \neq 0$ ,  $k$  adalah potensial gayaberat,  $\mu$  adalah anomali rapat masa,  $\gamma$  adalah konstanta gayaberat dan  $r$  adalah jarak.

Transformasi fourier untuk lintasan yang dipilih ialah sebagai berikut :

$$F(g_z) = 2\pi G m e^{|k|(z_0-z_1)}, \quad z_1 > z_0 \quad (9)$$

Apabila persebaran rapat massa bersifat random dan tidak memiliki hubungan antara masing-masing nilai gayaberat itu sendiri, maka  $m$  akan bernilai 1, sehingga akan menghasilkan transformasi fourier anomali gaya beratnya ialah sebagai berikut :

$$A = C e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (10)$$

dimana  $A$  adalah amplitudo dan  $C$  adalah konstanta.

Untuk memperoleh hubungan antara amplitude ( $A$ ) dengan bilangan gelombang ( $k$ ) dan kedalaman ( $z_0-z_1$ ) dilakukan dengan melogaritmakan persamaan  $A = C e^{|k|(z_0-z_1)}$  sehingga bilangan gelombang  $k$  menjadi berbanding lurus terhadap *spectrum amplitude*.

$$\ln A = \ln 2\pi G m e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (11)$$

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \quad (12)$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus :

$$y = mx + c \quad (13)$$

dimana  $\ln A$  sebagai sumbu  $y$ ,  $|k|$  sebagai sumbu  $x$ , dan  $(z_0 - z_1)$  sebagai kemiringan garis (gradien).

Oleh karena itu, kemiringan garisnya merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal.  $|k|$  sebagai sumbu  $x$  didefinisikan sebagai bilangan gelombang yang besarnya  $\frac{2\pi}{\lambda}$  dan satuannya *cycle/meter*, dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang.

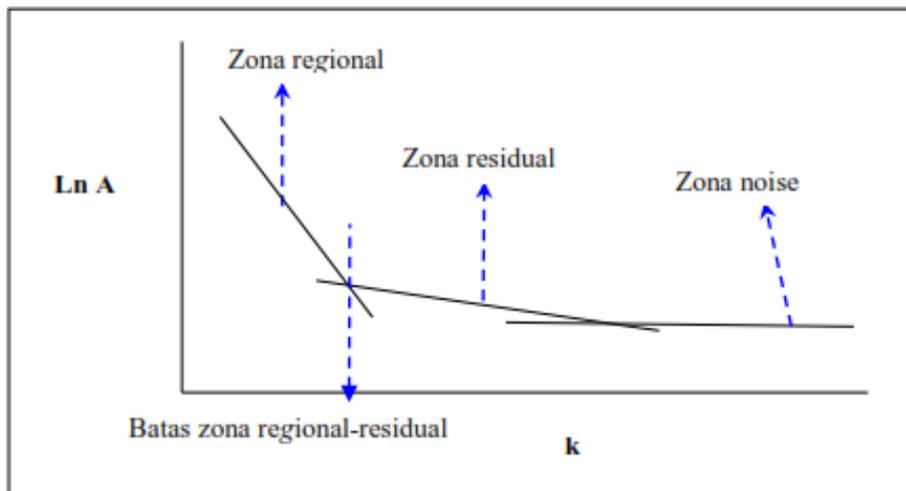
Hubungan  $\lambda$  dengan  $\Delta x$  diperoleh dari persamaan :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (14)$$

Nilai  $\lambda$  sama dengan  $\Delta x$ , ada faktor lain pada  $\Delta x$  yang disebut konstanta pengkali, sehingga  $\lambda = N \cdot \Delta x$ , konstanta  $N$  didefinisikan sebagai lebar jendela, jadi lebar jendela dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$N = \frac{2\pi}{k_c \cdot \Delta x} \quad (15)$$

Dimana  $\Delta x$  adalah domain spasi yang akan digunakan dalam *Fast Fourier Transform (FFT)*, dan  $k_c$  adalah bilangan gelombang *cutoff*.



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Antara Amplitudo dan Bilangan Gelombang Pada Analisis Spektrum (Sarkowi, 2014).

Semakin besar nilai  $k$  maka nilai frekuensi akan tinggi. Hubungan bilangan gelombang  $k$  dengan frekuensi  $f$  adalah  $k = 2\pi f$ , frekuensi yang sangat rendah berasal dari sumber anomali regional dan frekuensi tinggi berasal dari sumber anomali residual.

### E. *Spectral Decomposition*

Analisis *spectral decomposition* atau dekomposisi spektral ini ditujukan untuk mendapatkan informasi mengenai keberadaan struktur geologi yang perkedalaman yang sudah ditentukan. Untuk menghitung spektrum amplitudo masing-masing window yang meliputi zona interest, dalam hal ini dibantu dengan transformasi fourier pada *Spectral Decomposition*. Satuan geologi yang terdapat pada kedalaman setiap jendela yang digunakan akan mengontrol nilai dari spektrum amplitudo yang dihasilkan. Dengan kata lain, apabila dekomposisi sinyal tersebut dihitung untuk seluruh jejak pada data awal dan ditampilkan dalam bentuk peta, maka peta tersebut menampilkan variasi atau

perbedaan secara vertikal ataupun lateral. Langkah awal untuk melakukan *spectral decomposition* adalah memilih beberapa kedalaman yang akan digunakan untuk membuat peta dari nilai jendela yang di dapat, dimana nantinya akan di interpretasikan berdasarkan perubahan untuk setiap kedalaman. Karakteristik peta yang didapat dari hasil analisis *spectral decomposition* ini akan memberikan gambaran keadaan geologi yang lebih baik, berdasarkan kedalaman yang dapat diperkirakan dari hubungan bilangan gelombang dan amplitudo. Dengan kata lain, bilangan gelombang yang semakin kecil akan meloloskan sinyal dengan frekuensi lebih rendah (Fitriah, 2009).

Pemahaman konsep tentang *long-window* maupun *short-window* penting untuk diketahui untuk lebih memahami *spectral decomposition*. Dimana penggunaan *window* tertentu didasarkan atas tujuan dari penelitian dan metode yang akan dipakai. Perbedaan respon dari frekuensi antara penggunaan *long-window* dengan *short-window* sangat jelas. Transformasi yang menghasilkan *long-window* memperlihatkan spektrum amplitudo yang datar, sedangkan untuk *short-window* akan mengindikasikan adanya lapisan-lapisan geologi yang berbeda (Fitriah, 2009).

#### **F. Gaussian Filter**

Proses filtering merupakan proses pemisahan anomali regional dan residual karena data hasil pengukuran gayaberat dilapangan sebenarnya adalah superposisi dari dua anomali tersebut. Penapisan ini pada dasarnya adalah proses penapisan anomali yang memiliki sinyal frekuensi tinggi (*low pass*) dan frekuensi rendah (*high pass*). *Gaussian filter* dipilih sebagai filter penghalusan

berdasarkan pertimbangan bahwa filter ini mempunyai pusat kernel. Kegunaan *Gaussian filter* ini ialah untuk menghilangkan *noise* yang bersifat sebaran normal. *Gaussian filter* merupakan salah satu teknik pengolahan citra yang mendasar dan banyak digunakan (Afifa, 2016).

Contoh Kernel *Gaussian Filter* untuk ukuran 5x5 adalah:

**Tabel 1.** Contoh Operator *Gaussian Filter*

0.003	0.0133	0.0219	0.0133	0.003
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.0219	0.0983	0.1621	0.0983	0.0219
0.0133	0.0596	0.0983	0.0596	0.0133
0.003	0.0133	0.0219	0.0133	0.003

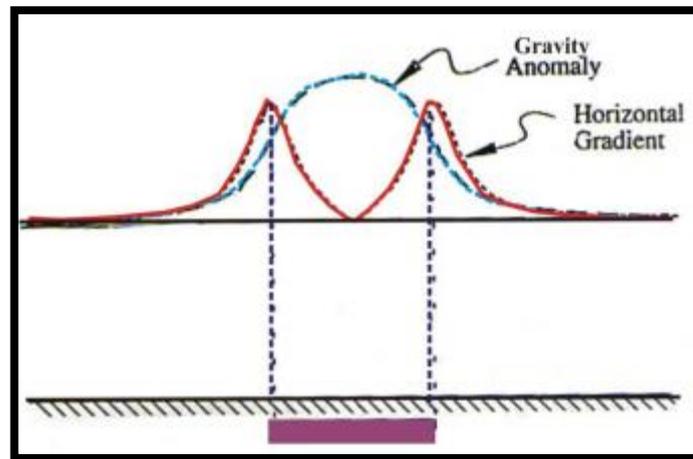
### G. *First Horizontal Derivative*

*First Horizontal Derivative* (FHD) atau *Horizontal Gradient* adalah turunan mendatar pertama yang dapat menunjukkan tepian dari suatu bodi anomali pada data gayabarat (Zaenudin dkk, 2013). Untuk menentukan batas kontak kontras densitas dari suatu anomali target secara horizontal terhadap daerah sekitarnya dapat digunakan metode *horizontal gradient* (Cordell, 1979).

Dalam menentukan nilai *horizontal gradient* atau FHD ini, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$FHD = \frac{g_{(i+1)} - j_{(i)}}{\Delta x} \quad (16)$$

Dimana  $g$  adalah nilai anomali (mgal),  $\Delta x$  adalah jarak selisish antar titik data yang terdapat pada lintasan (m) dan  $FHD$  adalah turunan pertama horizontal.



**Gambar 6.** Nilai Gradien Horizontal Pada Model Tabular (Blakely, 1996)

#### H. *Second Vertical Derivative*

Dalam menginterpretasikan bawah permukaan berupa batas-batas struktur dapat menggunakan metode *Second Vertical Derivative* (SVD). Turunan vertikal orde dua yang bersifat sebagai *high pass filter* atau meninggikan anomali dengan panjang gelombang yang pendek terhadap anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal. SVD dapat digunakan untuk analisis model dengan cara melihat nilai maksimum dan minimum dari nilai turunan keduanya.

Secara teoritis, metoda ini diturunkan dari fungsi harmonik Laplace, yaitu :

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (17)$$

$$\nabla^2 \Delta g = \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} \quad (18)$$

Sehingga,

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = - \left[ \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} \right] \quad (20)$$

Untuk data berupa lintasan penampang yang mempunyai nilai sumbu y tetap, maka persamaannya adalah:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = - \left[ \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} \right] \quad (21)$$

Bila dilihat dari persamaan diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai dari turunan kedua vertikal atau *second vertical derivative* merupakan nilai turunan horizontal kedua atau *second horizontal derivative* yang di negatifkan dari suatu anomali gayaberat. Berdasarkan persamaan diatas pula, dapat dikatakan bahwa pada data gayaberat, anomali *second vertical derivative* dapat ditentukan berdasarkan nilai *second horizontal derivative*. Penentuan nilai SVD dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$SVD = \frac{g_{(i+1)} - 2g_i + g_{(i-1)}}{\Delta x^2} \quad (22)$$

Penelitian ini menggunakan filter SVD hasil perhitungan Elkins (1951). Untuk menentukan jenis patahan, apakah berupa patahan naik, patahan turun ataupun patahan geser dapat ditentukan dengan menggunakan nilai SVD ini. Untuk menentukan jenis patahan, dapat menggunakan beberapa syarat berikut :

$|SVD|_{\min} < |SVD|_{\max}$  = Patahan Normal

$|SVD|_{\min} > |SVD|_{\max}$  = Patahan Naik

$|SVD|_{\min} = |SVD|_{\max}$  = Patahan Mendatar

Berikut ini merupakan filter *second Vertical Derivative* (SVD) dengan operator Elkins filter 2-D :

**Tabel 2.** Operator Filter SVD Elkins

Operator Filter SVD menurut Elkins (1951)				
0.0000	-0.0833	0.0000	-0.0833	0.0000
-0.0833	-0.0667	-0.0344	-0.0667	-0.0833
0.0000	-0.0334	1.0668	-0.0334	0.0000
-0.0833	-0.0667	-0.0344	-0.0667	-0.0833
0.0000	-0.0833	0.0000	-0.0833	0.0000

### I. *Forward Modelling*

*Forward Modelling* dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu parameter model berupa nilai densitas bawah permukaan untuk melakukan interpretasi. Anomali bouguer yang diperoleh dari pengukuran gayaberat dibandingkan dengan hasil kalkulasi anomali dari model yang dibuat. Untuk mengurangi ambiguitas, pada pemodelan jenis ini dilakukan dengan meminimumkan selisih anomali pengamatan. Apabila dihubungkan, sebenarnya benda dua dimensi merupakan penampang dimana saja yang memiliki panjang tak terhingga yang hanya terdapat satu koordinat. Pada beberapa kasus, benda anomali memanjang menyebabkan pola kontur anomali bouguernya memiliki bentuk berjajar. Bentuk profil tunggal menandakan adanya efek gravitasi dua dimensi pada saat pemodelan. Suatu poligon berisi yang dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon mewakili perhitungan efek gayaberat model bawah

permukaan dengan penambang yang berbentuk sembarang (Talwani, dkk, 1969).

#### **J. *Inverse Modelling***

Bila pada pemodelan *Forward Modelling*, dilakukan pemodelan dengan cara menentukan parameter model terlebih dahulu, maka pada *Inverse Modelling* adalah pemodelan berkebalikan dengan *Forward Modelling*. Menghasilkan model langsung dari data merupakan salah satu tujuan dari pemodelan tipe ini. Pada proses pemodelan *inverse modelling* ini dicari parameter model yang memiliki respon yang sesuai dan mendekati kebenaran berdasarkan dengan data pengamatan yang ada. Output dari pemodelan ini ialah menghasilkan model yang optimal dan memiliki respon model yang mempunyai tingkat kecocokan yang tinggi terhadap data pengamatan (Supriyanto, 2007).

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Lokasi, Waktu dan Judul Penelitian

Tempat : Pusat Survei Geologi, Badan Geologi,

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral dan

Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Alamat : Jl. Diponegoro No.57, Bandung 40122 dan Jl. Prof. Dr.

Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung.

Waktu : Februari – April 2018

Judul : Studi Pola Sub-Cekungan Hidrokarbon Menggunakan Analisis

*Spectral Decomposition*, Pemodelan 2D dan Pemodelan 3D

Berdasarkan Data Gayaberat Daerah Longiram, Kalimantan

Timur.

### B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Anomali Bouguer daerah Longiram

2. Peta Geologi Lembar Longiram

3. Laptop

4. *Software Surfer*

5. *Software Geosoft*

6. *Software ArcGis*
7. *Software Microsoft Word 2013 dan Excel 2013*
8. *Software Matlab*
9. *Software Grablox*
10. *Software Bloxer*
11. *Software Rockwork*

## **C. Pengolahan Data**

### **1. Membuat Peta Kontur Anomali Bouguer**

Data gayaberat dalam penelitian ini adalah data gayaberat sekunder atau data gayaberat yang telah melalui berbagai koreksi-koreksi, sehingga diperoleh Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Langkah pertama pada penelitian ini adalah membuat peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL), proses ini dibantu dengan menggunakan perangkat lunak *Geosoft Oasis Montaj*.

### **2. Analisis Spektrum**

Analisis spektrum bertujuan untuk memperkirakan kedalaman suatu benda anomali gayaberat di bawah permukaan. Metode analisis spektrum menggunakan *Transformasi Fourier* yang berguna untuk mengubah suatu fungsi dalam jarak atau waktu menjadi suatu fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi.

Dengan analisis spektrum dapat diketahui kandungan frekuensi dari data, sehingga kedalaman dari anomali gayaberat dapat diestimasi. Frekuensi

rendah yang berasosiasi dengan panjang gelombang panjang mengindikasikan daerah regional yang mewakili struktur dalam dan luas. Sedangkan sebaliknya, frekuensi tinggi yang berasosiasi dengan panjang gelombang pendek mengindikasikan daerah residual (lokal) yang mewakili struktur dangkal dan umumnya frekuensi sangat tinggi menunjukkan *noise* yang diakibatkan kesalahan pengukuran, kesalahan digitasi, dan lain-lain. Dalam penelitian kali ini data yang diambil sebanyak 6 lintasan untuk mewakili daerah yang kita inginkan. Semua data yang didapat dari lintasan tersebut selanjutnya diolah di *Microsoft excel* untuk mencari nilai  $\ln A$  dan  $K$  yang nantinya digunakan untuk mengetahui estimasi kedalaman yang kita cari. Setelah diinput ke *Microsoft excel* data yang didapat dicari nilai FFT nya di *software MATLAB*

### **3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual**

Anomali Bouguer merupakan suatu nilai anomali gayaberat yang disebabkan oleh perbedaan densitas batuan pada daerah dangkal dan daerah yang lebih dalam di bawah permukaan. Efek yang berasal dari batuan pada daerah dangkal disebut anomali residual, sementara efek yang berasal dari batuan pada daerah yang lebih dalam disebut anomali regional. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual pada Anomali Bouguer. Proses pemisahan anomali regional dan residual pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *Gaussian* dengan lebar jendela 12 yang didapatkan dari proses analisis spektrum.

#### **4. Pemisahan Anomali Regional dan Residual Pada *Spectral Decomposition*.**

Proses pemisahan dilakukan dengan metode *Spectral Decomposition* ini digunakan dengan menentukan beberapa kedalaman anomali residual yang di inginkan. Penentuan kedalaman anomali residual ini dilakukan secara berurutan dari kedalaman yang lebih dangkal ke kedalaman yang lebih dalam. Penentuan kedalaman ini dilakukan dengan menggunakan grafik hubungan antara  $\ln A$  dan  $k$ , dengan cara mengatur garis linier agar nilainya sesuai dengan nilai kedalaman yang dicari. Setelah kedalaman ditentukan, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap nilai bilangan gelombang *cut off* yang nantinya akan digunakan dalam parameter input untuk menghasilkan peta anomali regional dan residual untuk masing-masing kedalaman. Pada penelitian ini, kedalaman yang di gunakan untuk mencari nilai *cut off* masing masingnya ialah kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km. Pembuatan peta residual dan regional untuk masing-masing kedalaman ini akan sangat membantu dalam menginterpretasikan kedalaman struktur geologi yang ada pada daerah penelitian.

#### **5. Analisa Pola Sub Cekungan dan Pola Tinggian**

Karena objek penelitian kali ini berupa cekungan maka perlu diperhatikan batas dan mana saja pola cekungan yang kita identifikasi. Setelah pola anomali sisa atau anomali residual didapat maka kita dapat mengetahui mana pola sub cekungan dan pola tinggian. Pola cekungan didapati dari anomali yang memiliki densitas yang relatif rendah itu dikarenakan batuan sedimen sebagai batuan yang biasanya merupakan batuan penyusun

cekungan memiliki densitas yang relatif rendah sementara pola yang memiliki diidentifikasi sebagai pola tinggian sekaligus batas dari cekungan.

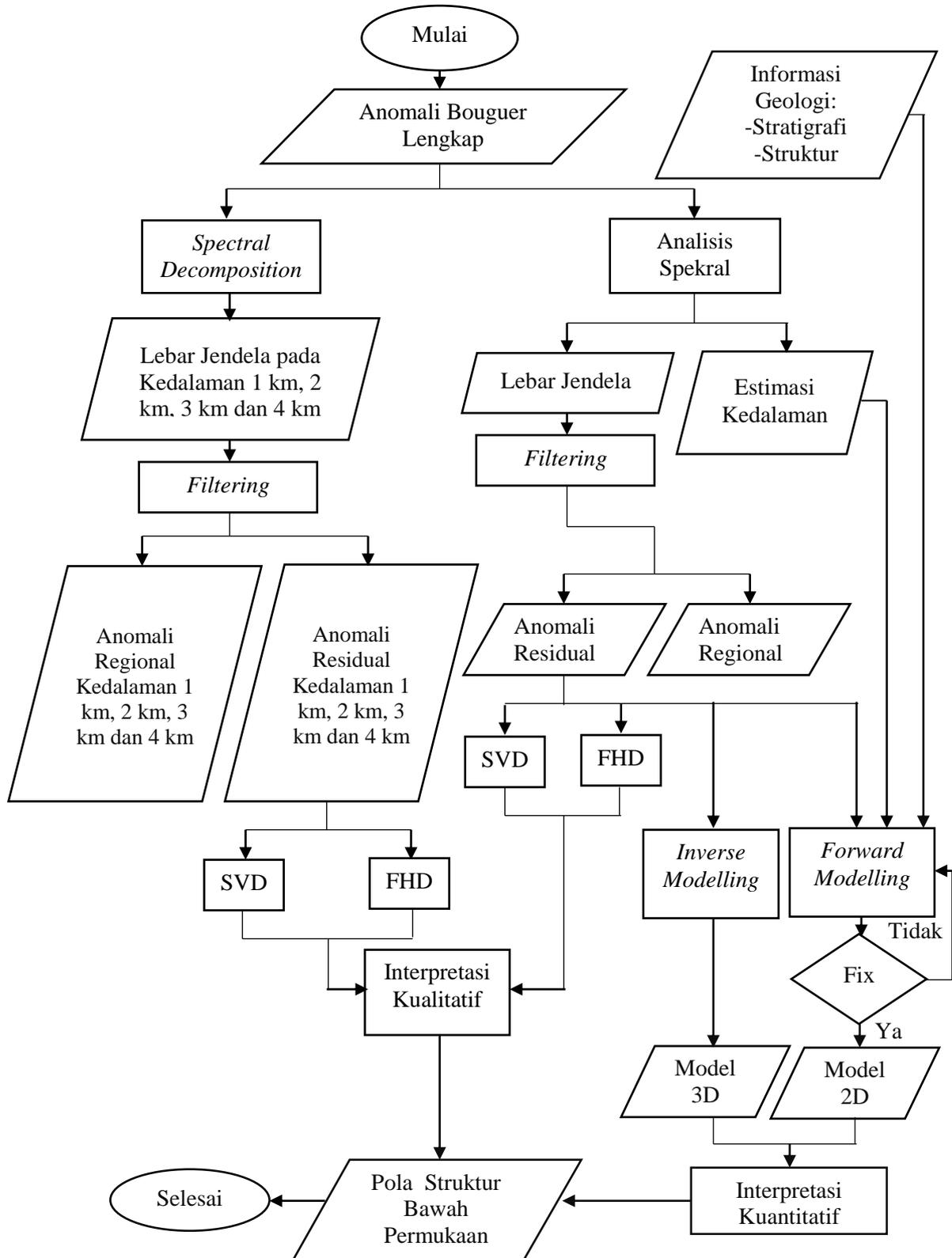
## **6. Pemodelan Bawah Permukaan**

Ada dua metode pemodelan bawah permukaan yang dipakai pada penelitian kali ini, yaitu pemodelan maju atau *Forward Modelling* dan pemodelan mundur atau *Inverse Modelling*. Pemodelan maju digunakan saat melakukan pemodelan 2D dan kali ini pengolahan dibantu dengan menggunakan software *Oasis Montaj*, hal yang pertama dilakukan saat proses pemodelan 2D adalah melakukan sayatan pada pola anomali residual, sayatan yang dilakukan sebaiknya melewati pola struktur yang rendah dan tinggi yang ingin kita identifikasi yang sebelumnya telah dipelajari berdasarkan informasi dari peta geologi regional. Sayatan yang dilakukan di pola anomali residual selanjutnya diinput kedalam *software Oasis Montaj* untuk melakukan proses pemodelan 2D, dalam melakukan pemodelan hal yang harus diperhatikan adalah mengatur kedalaman hal ini berkaitan dengan proses analisis spektrum yang telah dilakukan sebelumnya.

Pemodelan mundur atau *Inverse Modelling* dilakukan untuk proses pemodelan 3D. Hal yang dilakukan adalah input data pola anomali sisa atau anomali residual dengan menggunakan *GraBlox*.

#### D. Diagram Alir Penelitian

Adapun proses yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:



**Gambar 7.** Diagram Alir Penelitian

### E. Jadwal Penelitian

Adapun jadwal kegiatan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Minggu ke-)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi Literatur dan Persiapan	■	■						
2	Persiapan Data Gravity	■	■	■					
3	Pengolahan Data Gravity			■	■	■	■		
4	Analisa dan Interpretasi Data				■	■	■	■	■
5	Penulisan Laporan					■	■	■	■

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Daerah penelitian memiliki rentang anomali Bouguer 0 sampai dengan 59 mGal yang merupakan respon variasi densitas batuan pada daerah penelitian. Anomali rendah yang memiliki nilai anomali sebesar 0 sampai 22 mGal tersebar pada bagian Timur dan Barat, Anomali sedang yang memiliki nilai densitas 23 sampai 43 mGal yang tersebar di bagian tengah peta yang berorientasi Tenggara ke Baratlaut serta Anomali Tinggi yang memiliki nilai densitas 44 sampai 59 mGal yang tersebar pada bagian Utara dan Selatan.
2. Dari analisis spektrum diperoleh kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dangkal (residual) sebesar 3,7 km dan kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dalam (regional) sebesar 33,2 km. Hal ini menunjukkan bahwa bidang batas antara batuan dasar (*basement*) dan batuan sedimen terdapat pada kedalaman rata-rata 3,7 km.
3. Berdasarkan analisis *spectral decomposition*, pada daerah penelitian terdapat beberapa struktur sesar permukaan dan beberapa sesar dalam yang berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon. Hasil analisis pada anomali

residual, diketahui bahwa jumlah sub-cekungan sedimen yang dapat diinterpretasi adalah 3 sub-cekungan.

4. Penentuan jenis patahan turun, naik ataupun geser dapat dilakukan dengan cara memperhatikan nilai kurva SVD maksimum dan SVD minimum. Sedangkan dalam menentukan arah patahan dilakukan dengan melihat kemiringan garis kurva SVD (*second vertical derivative*) yang berada pada titik nol dan memotong titik nol tersebut. Untuk patahan turun, arah patahannya relatif akan mengikuti arah kemiringan garis kurva SVD yang memotong titik nol. Sedangkan untuk patahan naik, arah patahannya akan berlawanan dengan dengan arah kemiringan garis kurva SVD yang memotong titik nol.
5. Dari hasil pemodelan 2D dan 3D dapat diketahui bahwa daerah penelitian ini masih memiliki potensi hidrokarbon, hal ini dikarenakan adanya beberapa sub-cekungan pada pada daerah ini yang berfungsi sebagai tempat pembentukan dan pematangan hidrokarbon. Pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa berpotensi sebagai perangkap dan zona reservoir serta terdapat beberapa patahan yang berguna untuk jalur migrasi hidrokarbon.

## **B. Saran**

Adapun saran yang diberikan oleh penulis ialah perlu dilakukan penelitian dengan data geofisika lainnya, seperti data seismik atau data sumur untuk mengontrol atau sebagai titik ikat dalam pemodelan bawah permukaan daerah penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifa, Z. 2016. *Implementasi Metode Gaussian Filter Untuk Penghapusan Noise Pada Citra Menggunakan GPU*. (Skripsi) Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Biantoro, E., Muritno, B.P., dan Mamuaya, R. 1992. Inversion Faults as The Major Structural Control in The Northern Part of The Kutai Basin East Kalimantan. *Proceedings Indonesia Petroleum Association*, p.45-67.
- Blakely, R.J. 1996. *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Burrus, J., Brosse, E., Choppin, D.J.G., Grosjean, Y., dan Oudin, J.L. 1992. Basin Modelling In The Mahakam Delta Based On the Integrated 2D Model Temispack. *Indonesian Pet. Associations 21st Annual Convention Proceeding*.
- Cordell, L. 1979. Gravimetric Expression of Graben Faulting in Santa Fe Country and The Espanola Basin. *Geol. Soc. Guidbook, 30th Field Conf.*, 59-64. New Mexico: New Mexico.
- Fitriah, N. 2009. *Aplikasi Dekomposisi Spektral Untuk Peningkatan Resolusi Data Seismik Pada Lapisan Tipis Batubara*. (Tesis) Program Pascasarjana Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir. Depok: Universitas Indonesia.
- Ibrahim, D. 2005. *Prospek Sumber Daya Batubara di Kabupaten Kutai Timur Bagian Barat, Propinsi Kalimantan Timur*. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral: Bandung.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Peta Daya Dukung Lingkungan Jasa Ekosistem Penyediaan Serat Pulau Kalimantan*. Kalimantan Timur: Pusat Pembangunan Ekoregion Kalimantan.
- Octonovrilna, L., dan Pudja, I.P. 2009. Analisa Perbandingan Anomali Gravitasi Dengan Persebaran Intrusi Air Asin (Studi kasus Jakarta 2006-2007). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol.10 No.1 : AMG*.

- Paterson, D.W., Bachtiar, A., Bates, J.A., Moon, J.A., dan Surdam, R.C. 1997. Petroleum System of the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia. *Proceedings Indonesia Petroleum Association, Jakarta., p:711-713.*
- Rahmat, B.S. 2007. Batubara Di Daerah Longiram dan Sekitarnya, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. *Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007, Pusat Sumber Daya Geologi.*
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Satyana, A.H, Nugroho D., dan Surantoko I. 1999. Tectonic Control On The Hydrocarbon Habitats of The Barito, Kutai, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia, Major, Dissimilateries In Adjoining Basins. *Journal of Asian Earth Science Special Issue Vol. 17, No. 1-2, Elsevier Science, Oxford 99-120.*
- Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi.* Depok: Universitas Indonesia.
- Suwana, N., dan Apandi, T. 1992. *Peta Geologi Lembar Longiram, Kalimantan Timur.* Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Talwani, M., Worzel, J.L., dan Landisman, M. 1969. Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Application to the Mendocino Submarine Fracture Zone. *Journal of Geophysical Research: Vol.64 No.1.*
- Tryono, Y.F.X. 2015. Peranan Geologi Dalam Sistem Hidrokarbon Serta Potensi dan Tantangan Eksplorasi Migas di Indonesia. *Jurnal Forum Teknologi Vol. 06, No. 2.*
- Zaenudin, A., Sarkowi, M., dan Suharno. 2013. *Pemodelan Sintetik Gradien Gayaberat Untuk Identifikasi Sesar.* Lampung: Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik, UNILA.