STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT

(SKRIPSI)

Oleh

MUHAMAD AZHARY

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2017

ABSTRACT

SUB-BASIN STUDY OF NORTHERN PART IN EAST JAVA TO KNOW THE SUB-BASIN PATTERN POTENTIALLY OF OIL AND GAS USING GRAVITY DATA

By

MUHAMAD AZHARY

A research on sub-basin studies of northern part in East Java has been done to know the sub-basin pattern potentially of oil and gas using gravity data, also determined the limits of sedimentary layers with bedrock, basement high and subsurface structures for the initial stage of finding new oil and gas potential. Gravity processing data using spectrum analysis. Spectrum analysis was used to estimate the width of the window as well as the depth estimation of regional anomalies and residual anomalies. Second horizontal derivative was used to estimate the existence of fracture as the path of oil and gas migration The next step are 2.5D and 3D modeling. Second derivative was used to estimate the existence of the fault as the path of oil and gas migration. From the results of the research, the Bouguer Anomaly value has a density value of -35 mGal to 42 mGal. In the spectrum analysis, the average depth of regional zone is 16.13 km and the residual average depth is 4.47 km with the width of the window is 17x17. The results from the 2.5 D and 3D modeling, was found that the northern part of East Java still has abundant of oil and gas reserves, due to the result of gravity obtained, the sub-basin on this area still has potential as a place for oil and gas formation and maturation, in this area also has a height that can potentially as a trap and reservoar zone and there are some fault that is useful for the oil and gas pathway is migrated towards the height of anomalies in the research area.

Keywords: gravity, spectrum analysis, sub-basin, oil and gas

ABSTRAK

STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT

Oleh

MUHAMAD AZHARY

Telah dilakukan penelitian tentang studi sub-cekungan Jawa Timur bagiun Utara untuk mengetahui pola sub-cekungan berpotensi minyak dan gas bumi menggunakan data gayaberat, juga ditentukan batas lapisan sedimen dangan batuan dasar, pola tinggian serta struktur bawah permukaan untuk tahap awal menemukan potensi-potensi minyak dan gas yang baru. Pengolahan data gayaberat dengan menggunakan analisis spektrum. Analisis spektrum dilakukan untuk mengestimasilebar jendela serta estimasi kedalaman anomali regional dan anomali residual. *Second horizontal derivative* dilakuan untuk mengestimasi keberadaan patahan sebagai jalus migrasi minyak dan gas bumi Tahap selanjutnya dilakukan pemodelan 2,5D dan 3D. Second derivative dilakuan untuk mengestimasi keberadaan patahan sebagai jalus migrasi minyak dan gas bumi. Dari hasil penelitian, didapat nilai Anomali Bouguer memiliki nilai densitas dari -35 mGal sampai 42 mGal. Pada analisis spektrum didapat kedalaman rata-rata zona regional sebesar 16,13 km dan kedalaman rata-rata residual sebesar 4,47 km dengan lebar jendela 17x17. Dari hasil pemodelan 2,5 D dan 3D didapatkan bahwa daerah Jawa Timur bagian Utara masih memiliki cadangan minyak dan gas bumi yang melimpah, dikarenakan dilihat dari hasil gayaberat yang didapatkan, sub-cekungan pada pada daerah ini masih berpotensi sebagai tempat pembentukan dan pematangan minyak dan gas bumi, pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa perpotensi sebagai perangkap dan zona *reservoar* serta terdapat beberapa patahan yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi kearah tinggian tinggian anomali pada daerah penelitian

.

Kata Kunci: gayaberat, analisis spektrum, sub-cekungan, minyak dan gas bumi

STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT

Oleh

MUHAMAD AZHARY

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2017

Judul Skripsi	: **STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT**
Nama Mahasiswa	: *Muhamad Azhary*
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1345051004
Jurusan	: Teknik Geofisika
Fakultas	: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.	**Karyanto, S.Si., M.T.**
NIP 19720928 199903 1 001	NIP 19691230 199802 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.** .....

Sekretaris : **Karyanto, S.Si., M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **16 Agustus 2017**

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, Agustus 2017

Muhamad Azhary

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pulau Panggung, yang masih menjadi bagian administratif Kota Muara Enim SUMSEL, pada tanggal 12 Februari 1995. Penulis merupakan anak Ketiga dari pasangan Bapak H. Taslim, S.Pd dan Ibu Hj. Nurhayani, Amd.Kep. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Semende Darar Laut Kabupaten Muara Enim hingga selesai pada tahun 2007. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah di SMP Negeri 1 Semende Darat Laut hingga tahun 2010 dilanjutkan di SMA Negeri 1 Semende Darat Laut Kabupaten Muara Enim SUMSEL hingga tahun 2013.

Selanjutnya, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai anggota Korps Muda BEM (KMB) Universitas Lampung. Di tahun berikutnya, 2014, Penulis bergabung menjadi *staff* Internal di *Society of Exploration Geophysicist (SEG) SC Unila*, *staff* Humas Himpunan Mahasiswa Geofisika (HMGI) Regional 1 Sumatera, *Staff Fieltrip The American Association of Petroleum Geologist* serta anggota aktif Bidang Kaderisasi Himpunan

Mahasiswa (HIMA) TG Bhuwana Universitas Lampung. Di akhir masa studi, penulis menjabat sebagai *Executive Committe Division Fieldtrip Society of Exploration Geophysicist (SEG) SC Unila* dan Kepala Divisi Internal Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Wilayah 1 Sumatera kepengurusan tahun 2016/2017.

Pada bulan Januari-Maret 2016, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Umbul Limus, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran Lampung. Selanjutnya, di bulan Obtober-November 2016, penulis tercatat melakukan Kerja Praktek (KP) di Pusat Survei Geologi KESDM, Bandung pada Sub-Bidang Geofisika Dasar dan Terapan dengan tema penelitian "Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Menggunakan Data Anomali Gayaberat Daerah Ponorogo".

Pada Februari-Maret 2017, penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) Pusat Survei Geologi KESDM, Bandung pada Sub-Bidang Geofisika Dasar dan Terapan hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada tanggal 16 Agustus 2017 dengan mengambil judul **"STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT".**

PERSEMBAHAN

Hidup adalah *RINTANGAN* yang harus *DIHADAPI*, *PERJUANGAN* yang harus *DIMENANGKAN*, *RAHASIA* yang harus *DIJAGA*. *MISTERI* yang harus *DIGALI*. *IIMU* yang *DIBERKAHI* dan *ANUGRAH* yang harus *DIPERGUNAKAN* dan *DISYUKURI*. Terima Kasih atas semua Nikmat-Mu Tuhan-ku

Dengan penuh rasa syukur, kan ku persembahkan skripsi ini kepada:

Bapak dan Mama Tercinta Bapak H. Taslim, S.Pd dan Ibu Hj. Nurhayani,Amd.Kep.

Pengorbananmu begitu besar, namun ku tak bisa membalas semuanya, akan ku ukir derajat kesenangan dalam hati kalian melalui usahaku dan dalam doaku. Doa, kasih sayang dan usaha yang kalian berikan takkan pernah mati dalam diri ini.

Kakakku tersayang Uswatun Hasanah dan Eva Indrawana

Cerita masa lalu yang lucu akan jadi cerita kita untuk masa depan nanti. Terima kasih untuk semangat, motivasi, dorongan, canda dam tawa yang kalian berikan padaku, tak kan pernah aku lupakan walau diri ini mulai melupa.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2013

Keluarga. Ya keluarga yang bukan satu darah, bukan satu ibu atau bapak. Namun keluarga yang melebihi semuanya, selalu membuat tertawa, tersenyum dan membuat motivasi untuk melakukan hal-hal yang baik serta keluarga yang selalu membela dan saling membantu serta menurupi kekurangan.

Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

فَبِأَيِّ آلاءِ رَبِّكُما تُكَذِّبانِ

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan.”
(QS. Ar Rahman: 13)

MOTTO

Hidup adalah perjalanan, ada keberhasilan dibalik kegagalan, ada kebahagiaan dibalik kesedihan, ada kebaikan dibalik kejahatan, ada hikmah dibalik musibah. Hiduplah dengan bersyukur, karena ketentuan Allah ada yang bisa dirubah dan ada yang tidak bisa dirubah, Berusahalah dan percayalah, dimana kaki berdiri, Rahmat dan Perlindungan-Nya selalu tercurah
(Penulis)

Jadilah Bintang dimanapun berada, walau bintang itu jauh tapi sinarnya tetap terlihat
(Penulis)

Allah Tidak Membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya
(Al-Baqarah, 286)

Barangsiapa pada malam hari merasakan kelelahan dari upaya kerjakeras kedua tangan pada siang hari, maka pada malam itu Allah mengampuni dosanya.
(HR. Ahmad)

Anda tidak harus hebat untuk memulai, tapi anda harus memulai untuk menjadi orang hebat
(Ziglar)

Saya tidak bisa mengubah arah angin,namun saya bisa menyesuaikan pelayaran saya untuk selalu menggapain tujuan saya
(Jimmy Dean)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **"STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT".** Adapun dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa selesainya proses ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan.

Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan skripsi ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan wawasan bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Penulis

Muhamad Azhary

SAN WACANA

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, berkat nikmat, hidayah dan karunia-Nya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. 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 dan mama tercinta yang tak henti-hentinya mendidik, berkorban, berdoa dan mendukung penulis dalam segala hal terutama dalam pendidikan. Terimakasih atas motivasi dan dorongannya selama ini, sehingga penulis, anakmu tercinta ini berhasil menyelesaikan pendidikan program sarjana. Semoga Allah SWT selalu melindungi dan memberkahi kalian.
2. Kakak-kakakku, Uswa, Eva, Aam, Viar dan ponakan-ponakanku Naira, Alfar dan Alea yang terus memberikan semangat, canda dan tawa kepada penulis.
3. Mang Jumali, Bik Tin, Ghina, Fai, Nanta dan Yuli yang selalu memberikan dorongan, motivasi, keceriaan dan kebahagiaaan kepada penulis.
4. Sepupu Seperjuangan, Nafis dan Erwin yang memberikan semangat, keceriaann dan tempat berbagi ilmu-ilmunya.
5. Bapak Dr. Ahmad Zaenuddin, M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Geofisika, Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Pertama Tugas Akhir yang selalu memberi support dan motivasi serta arahan kepada penulis.

6. Bapak Karyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Kedua Tugas Akhir yang selalu memberikan arahan, masukan dan motivasi bagi penulis.
7. Bapak Dr. Nandi Haerudin,S.Si, M.Si. selaku dosen Penguji Tugas Akhir yang selalu memberikan kritikan, saran dan arahan kepada penulis.
8. Dosen-dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati, terimakasih atas semua ilmu yang diberikan, Semoga Allah memberikan balasan yang terbaik.
9. Pusat Survei Geologi Kementrian ESDM, selaku institusi yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir dan skripsi ini.
10. Bapak Imam Setiadi, S.Si.,M.T selaku pembimbing lapangan yang terus membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Keluargaku, Rekan seperjuanganku Teknik Geofisika angkatan 2013 yang telah memberi semangat dan *support* dalam menyelesaikan laporan ini. Teruntuk Egi, Dwi, Wuri, Kholilur, Abdi, Feni, Reza, Shiska, Nafis, Atikah, Ulfa, Farkhan, Suryadi, Kurnia, Nico, Aji, Widia, Yeni, Noris, Aloy, Fajri, Udin, Alicya, Dian, Endah, Harris, Herlin, Hanun, Eci, Nur Syabana, Ravide, Edy, Winda, Rafi, Cahaya, Imbron, Deswita, Dody, Yasrifa, Bunga, Pipit, Priesta, Putu, Ririn, Ryan, Helton, Haidar dan Agung, terimakasih kawan kebersamaannya, tetap siang dan tetap bersahaja.. **Bangga menjadi Bagian Dari Kalian!!!**
12. Sahabatku, Pejantan tangguh TG 13 Unila, Egi, Tyo, Nafis, Bang Jak, Miki, Birong, Aloy, Putu, Nay, Kholer, Udin, Fajar, Aji, Farkhan, Komti 13, Sule,

Kubel dan Bujang yang selalu memberikan motivasi, semangat, ilmu dan kebersamaan.

13. Teman berbagi ilmu Yasrifa, yang selalu memberikan semangat, motivasi, kenyamanan, ceramah, dan dorongan kepada penulis. Semangat, semoga yang diinginkan tercapai. Tetap saling menjaga.
14. Kakak-kakak dan adek-adek tingkat TG Unila selalu membantu dan memberikan semangat dan ilmu bagi penulis.
15. Kak Sinku, Doni, Sibu, Bagus, Reza, Niar, Elen, Bagas, Ferri, Sigit, Esha yang selalu membetikan ilmu dan bantuan kepada penulis.
16. Teman KKN desa Umbul Limus, Oci, Indah, Rizka, kak Ivan dan bang Arif yang selalu memberikan motivasi dan pengetahuan.
17. Teman seperjuangan KP kak Jordy dan Teman seperjuangan Tugas Akhir di Pusat Survei Geologi, Imbron, Shiska dan Ririn yang menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian.
18. Dan berbagai pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Semoga dengan adanya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Kritik dan saran yang membangun penulis sangat harapkan untuk kebaikan penulis untuk menjadi lebih baik.

Bandar Lampung, Agustus 2017

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRACK ..... **i**

ABSTRAK ..... **ii**

HALAMAN JUDUL ..... **iii**

HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iv**

HALAMAN PENGESAHAN ..... **v**

HALAMAN PERNYATAAN ..... **vi**

RIWAYAT HIDUP ..... **vii**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **ix**

MOTTO ..... **x**

KATA PENGANTAR ..... **xi**

SANWACANA ..... **xii**

DAFTAR ISI ..... **xv**

DAFTAR GAMBAR ..... **xviii**

DAFTAR TABEL ..... **xxi**

BAB I PENDAHULUAN

A. LatarBelakang 1
B. Tujuan Penelitian 3
C. Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Letak dan Lokasi Penelitian 5
B. Fisiografi Jawa Timur Bagian Utara 6
1. Zona Kendeng 6
2. Depresi Randublatung 6
3. Zona Rembang..... 7
C. Tatanan Geologi Daerah Penelitian..... 7
D. Stratigrafi Daerah Penelitian 10
1. Pra-Ngimbang..... 10
2. Formasi Ngimbang 10
3. Formasi Kujung 10
4. Formasi Tuban..... 11
5. Formasi Ngrayong 11
6. Formasi Wonocolo 12
7. Formasi Ledok..... 12
E. *Petroleum System* 13
1. Batuan Induk *(Source Rock)*..... 13
2. *Resevoar* 13
3. Batuan Penutup*(Cap Rock)* 14
4. Migrasi *(Migration)*..... 14
5. *Trap* 15
F. Minyak dan Gas di Jawa Timur bagian Utara 15
1. Kemunculan dan Pengelompokan Minyak di Daerah Jawa Timur 15
2. Kemunculan dan Pengelompokan Gas yang ada di Jawa Timur 16

BAB III TEORI DASAR

A. Teori Pembentukan Minyak dan Gas Bumi 18
1. Teori Asal Anorganik..... 18
2. Teori Asal Organik..... 20
B. Metode Gayaberat..... 21
C. Konsep Dasar Gayaberat 22
1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton I) 22
2. Percepatan Gravitasi (Hukum Newton II)..... 23
3. Potensial Gayaberat 24
D. Anomali Bouguer 25
1. Anomali Bouguer Sederhana (ABS) 26
2. Anomali Bouguer Lengkap (ABL)..... 26
E. Analisis Spektrum 27
F. Pemisahan Anomali Regional dan Residual..... 29
G. *Moving Average*..... 30
H. *Horizontal Derivative*..... 32
I. Pemodelan Ke Depan (*Forward Modelling)*..... 34
J. Pemodelan Ke Belakang (*Inverse Modelling)*..... 35

BAB IV METODEPENELITIAN

A. Lokasi, Waktu dan Judul Penelitian 36
B. Alat dan Bahan 36
C. Prosedur Pengolahan Data 37
   1. Membuat Peta Kontur Anomali Bouguer 37
   2. Analisis Spektum 37
   3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual 39
   4. Pemodelan Bawah Permukaan 39
D. Diagram Alir Penelitian 40

BAB VI HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

A. Anomali Bouguer Lengkap (ABL) 41
B. Analisis Spektrum 44
   1. Lintasan 1 46
   2. Lintasan 2 47
   3. Lintasan 3 48
   4. Lintasan 4 49
   5. Lintasan 5 51
   6. Lintasan 6 52
   7. Lintasan 7 53
   8. Lintasan 8 54
C. Penapisan *Moving Average* 57
D. Anomali Regional 57
E. Anomali Residual 58
F. Interpretasi Kualitatif 61
   1. Pola Tinggian dan Delinisasi Sub-Cekungan 61
   2. Analisis *Gradient Horizontal* 64
G. Interpretasi Kuantitatif 68
   1. Pemodelan Ke Depan *(Forward Modelling)* 68
   2. Pemodelam Ke Belakang *(Inverse Modelling)* 78
H. Potensi Minyak dan Gas Bumi Daerah Penelitian 84

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 87
B. Saran 88

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Peta Anomali Bouguer Daerah Jawa Timur Bagian Utara 3

Gambar 2. Peta Titik Pengukuran Gayaberat Daerah Penelitian 5

Gambar 3. Zona-Zona Fisiografi Jawa..... 6

Gambar 4. Lokasi Cekungan Jawa Timur Bagian Utara..... 7

Gambar 5. Peta Geologi Daerah Penelitian..... 9

Gambar 6. Tatanan Stratigrafi Daerah Penelitian 12

Gambar 7. Proses Pembentukan Minyak dan Gas 21

Gambar 8. Gaya Tarik Menarik Antara Dua Benda 23

Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Amplitudo dan Bilangan Gelombang Pada Analisis Spektrum..... 29

Gambar 10. Model Anomali Gayaberat dan *Horizontal Derivative* Pada Benda di Bawah Permukaan 29

Gambar 11. Diagram Alir penelitian..... 40

Gambar 12. Peta Anomali Bouguer Daerah Penelitian 42

Gambar 13. Hasil Anomali Bouguer dari Panjaitan..... 43

Gambar 14. Peta Lintasan Untuk Analisis Spektrum Pada Anomali Bouguer. 45

Gambar 15. Grafik Ln A vs k Lintasan 1..... 47

Gambar 16. Grafik Ln A vs k Lintasan 2..... 48

Gambar 17. Grafik Ln A vs k Lintasan 3..... 49

Gambar 18. Grafik Ln A vs k Lintasan 4 50
Gambar 19. Grafik Ln A vs k Lintasan 5 52
Gambar 20. Grafik Ln A vs k Lintasan 6 53
Gambar 21. Grafik Ln A vs k Lintasan 7 54
Gambar 22. Grafik Ln A vs k Lintasan 8 55
Gambar 23. Peta Anomali Regional Daerah Penelitian 59
Gambar 24. Peta Anomali Residual Daerah Penelitian 60
Gambar 25. Peta Pola Tinggian dan Sub-Cekungan 62
Gambar 26. *Overlay* Struktur Patahan Pada Geologi dengan Kontur Nol SHD 66
Gambar 27. Pendugaan Patahan dengan *Second Horizontal Derivative* 67
Gambar 38. Peta Lintasan 2,5 D Pada Peta Geologi 69
Gambar 29. Peta Lintasan 2,5 D Pada Anomali Residual 70
Gambar 30. Pemodelan 2.5D Lintasan 1 (A-A') 72
Gambar 31. Pemodelan 2.5D Lintasan 2 (B-B') 75
Gambar 32. Pemodelan 2.5D Lintasan 3 (C-C') 77
Gambar 33. Model Inversi 3D 78
Gambar 34. Lintasan 1 (A-A') Pada Pemodelan 3D 79
Gambar 35. Lintasan 2 (B-B') Pada Pemodelan 3D 80
Gambar 36. Lintasan 3 (C-C') Pada Pemodelan 3D 80
Gambar 37. Korelasi Model 2,5D, 3D dan SHD Lintasan 1 82
Gambar 38. Korelasi Model 2,5D, 3D dan SHD Lintasan 2 83
Gambar 39. Letak Penemuan Minyak dan Gas Bumi di Jawa Timur 85
Gambar 40. Letak Batuan sumber dan Jalur Migrasi Minyak dan Gas Daerah Jawa Timur Bagian Utara 85

Gambar 39. Peta Residual dengan Letak Batuan Sumber dan Jalur Migrasi Minyak dan Gas Daerah Jawa Timur Bagian Utara 86

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Kedalaman Bidang Anomali Lintasan 1-8.....56

Tabel 2. Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N) 56

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai potensi minyak dan gas yang besar di dunia, hal ini terlihat dari hasil penelitian atlas cekungan sedimen yang berhasil memetakan banyaknya jumlah cekungan sedimen berdasarkan data-data geologi dan geofisika, yaitu sekitar 128 cekungan sedimen yang mempunyai potensi ekonomi (Tim Atlas Cekungan PSG, 2009).

Jawa Timur merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki beberapa cekungan yang beberapa diantaranya telah menghasilkan minyak dan gas bumi. Daerah cekungan Laut Jawa Timur lebih merupakan cekungan *epicontimental* (tepi benua), sedangkan cekungan Jawa Timur Utara – Madura merupakan geosiklin dengan ketebalan sedimen *Tersier* mencapai 6000 meter (Koesmadinata, 1978).

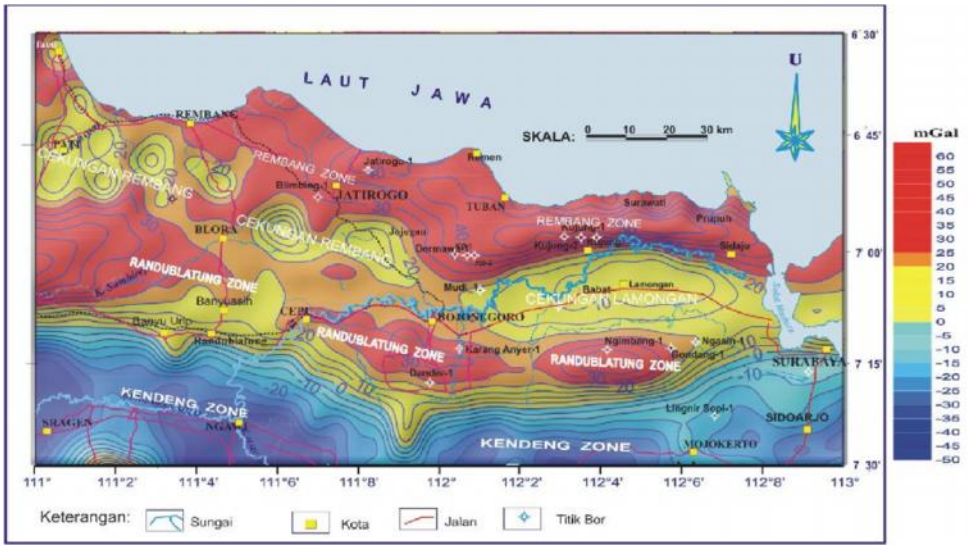
Gayaberat merupakan ilmu yang mempelajari perilaku percepatan bumi (*gravitation acceleration)* yang didasarkan pada hukum Gravitasi Newton. Sedangkan motede gravimetri merupakan suatu metode eksplorasi geofisika yang didasarkan atas adanya anomali medan gravitasi bumi yang diakibatkan

adanya variasi densitas batuan ke arah lateral maupun vertikal di bawah titik ukur.

Salah satu penerapan metode ini dalam tahap awal eksplorasi minyak dan gas bumi adalah untuk memperkirakan keberadaan Cekungan (*basin*) dan kedalaman *basement*. Keberadaan Cekungan menjadi penting sebab berkaitan dengan lingkungan pembentukan batuan induk (s*ource rock*). Variasi rapat massa yang disebabkan oleh struktur geologi bawah permukaan dan perbedaan jenis sedimen dapat dideteksi dengan metode ini.

Contoh studi kasus yang dilakukan pada daerah di Jawa Timur dengan menggunakan metode gayaberat oleh Panjaitan pada tahun 2010, Anomali Bouguer terbentuk di daerah ini dikelompokan ke dalam tiga bagian. Pertama, anomali gayaberat tinggi dari kisaran 20 mGal sampai 60 mGal membentuk tinggian batu gamping terkait dengan batuan *reservoar*. Kedua, anomali gayaberat sedang dengan kisaran 0 mGal sampai 20 mGal membentuk cekungan oleh batuan induk. Dan ketiga, anomali gayaberat rendah dari kisaran 0 mGal sampai -50 mGal dibentuk oleh rendahan zona kendeng **(Gambar 1)**. Untuk batuan induk terdiri dari serpih pada Formasi Ngimbang Bawah dan Kujung Bawah. Serta ketebalan batuan *reservoar* antara 800 sampai 1100 meter dengan kedalaman berkisar 1500 sampai 2500 meter.

Dengan melakukan penelitian menggunakan metode gayaberat ini diharapkan dapat mengetahui pola sub-cekungan, batas lapisan sedimen dengan batuan dasar, pola tinggian dan struktur bawah permukaan agar bisa digunakan untuk tahap awal menemukan potensi-potensi minyak dan gas yang baru.



Gambar 1. Peta Anomali Bouguer Daerah Jawa Timur Bagian Utara (Panjaitan, 2010).

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian kali ini adalah:

1. Membuat peta Anomali Bouguer untuk melihat pola dan nilai Anomali Bouguer daerah Jawa Timur bagian Utara.
2. Mengestimasi kedalaman zona regional dan residual menggunakan analisis spektrum.
3. Mendeliniasi pola tinggian sebagai salah satu zona perangkap minyak dan gas bumi serta sub-cekungan sebagai tempat pembentukan minyak dan gas bumi berdasarkan anomali gayaberat.
4. Menginterpretasi struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian melalui pemodelan 2,5D *(forward modelling)* dan 3D *(inverse modelling)* untuk mengetahui potensi minyak dan gas bumi daerah Jawa Timur Bagian Utara.

C. Batasan Masalah

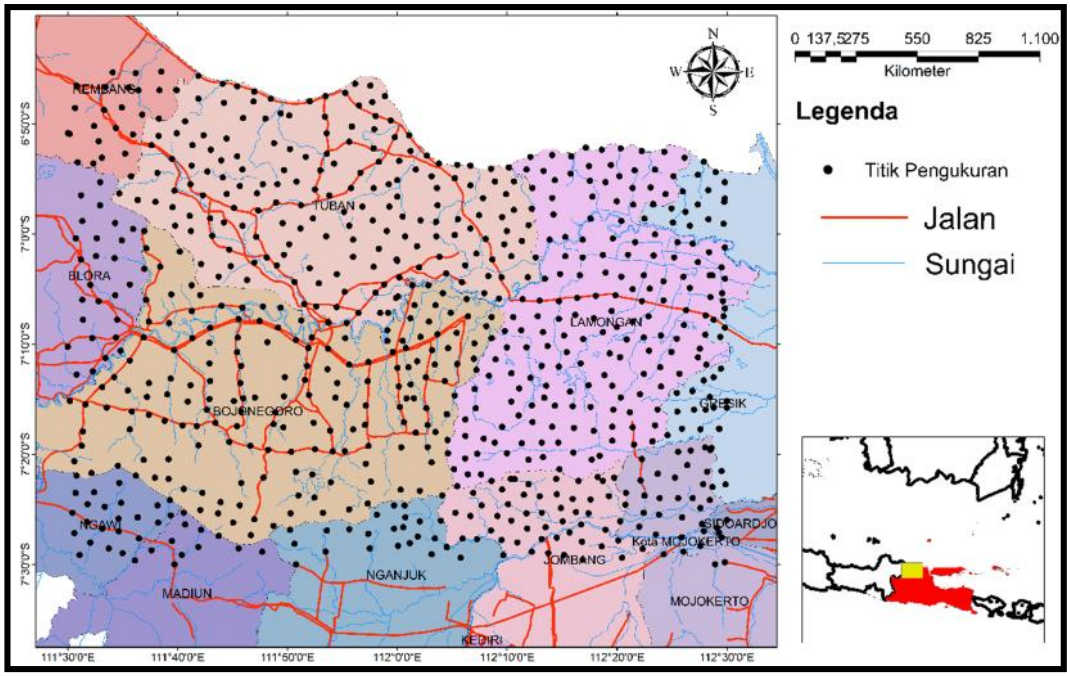
Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Data gayaberat yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Anomali Bouguer Lengkap (ABL).
2. Mendapatkan kedalaman rata-rata zona regional dan residual menggunakan analisis spektrum.
3. Membuat pemodelan 2,5D *(forward modelling)* dan 3D *(inverse modelling)* untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Letak dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada koordinat 6º80’-7º30’ LS dan 111º30’-112º30’ BT sedangkan dalam UTM WGS84 terletak pada 560000 sampai 660000 mE dan 9180000 sampai 9260000 mS termasuk kedalam zona 49S. Wilayah tersebut termasuk dalam daerah Tuban, Rembang, Blora, Bojonegoro, Lamongan, Gresik, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Madiun dan Ngawi.



Gambar 2. Peta Titik Pengukuran Gayaberat Daerah Penelitian (Pemetaan Potensi Ekonomi Wilayah Jawa, 2012).

B. Fisiografi Jawa Timur Bagian Utara

Cekungan Jawa Timur bagian Utara secara fisiografi terletak antara pantai Laut Jawa dan sederetan gunung api yang berarah Barat-Timur pada bagian Selatannya. Cekungan ini terdiri dari dua buah pegunungan yang berjalan sejajar dengan arah Barat-Timur dan dipisahkan oleh suatu depresi.

Gambar 3. Zona-Zona Fisiografi Jawa (Van Bammelen, 1949).

Cekungan Jawa Timur bagian Utara dapat dibagi menjadi tiga satuan fisiografi (Van Bammelen, 1949) yang didapat dikaitkan dengan tektonik daerahnya. Adapun pembagian semua fisiografi ini berturut-turut dari Selatan ke Utara sebagai berikut:

1. Zona Kendeng

Zona Kendeng terletak di Utara gunungapi yang terdiri dari endapan berumur Kenozoikum Muda yang pada umumnya terlipat kuat disertai sengan sesar-sesar dengan kemiringan ke arah Selatan. Panjang jalur Kendeng adalah 250 km dan lebar maksimum 40 km. Pegunungan Kendeng yang merupakan bagian zona ini terdiri dari daerah-daerah yang berbukit dan terjal. Penggambaran topografi daerah ini banyak dipengaruhi oleh struktur-struktur geologi.

2. Depresi Randublatung

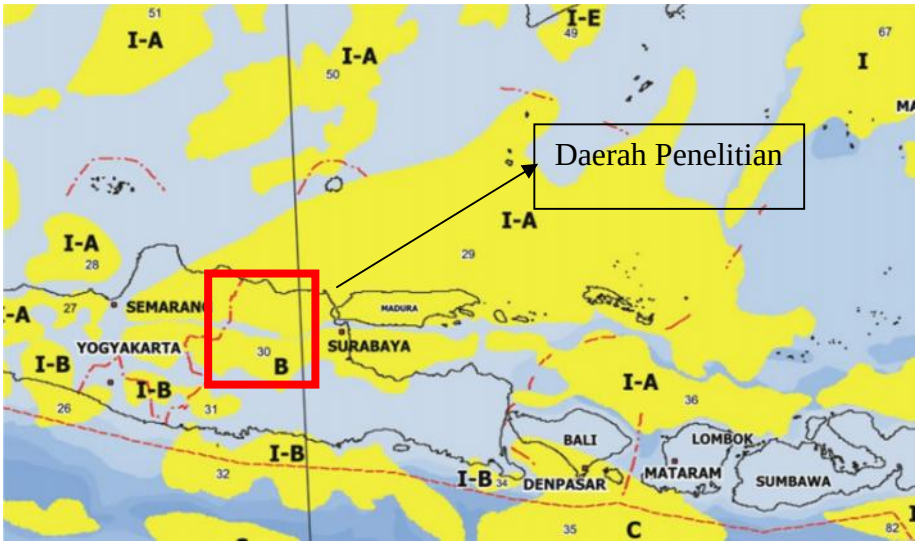
Depresi Randublatung berada diantara Zona Kendeng dan Zona Rembang.

Depresi Randublatung pada umumnya merupakan satuan daratan rendah yang berarah Barat-Timur dengan permukaan dasarnya merupakan akibat erosi diantara daerah Cepu dan Bojonegoro. Dalam depresi tersebut terdapat beberapa antiklin pendek dan kubah-kubah.

3. Zona Rembang

Zona Rembang membentang sejajar dengan Zona Kendeng dan dipisahkan oleh Depresi Randublatung. Pada zona ini terdapat suatu daratan tinggi yang merupakan antiklin Barat-Timur sebagai hasil dari gejala tektonik Tersier Akhir yang dapat ditelusuri hingga Pulau Madura dan Kangean.

C. Tatanan Geologi Jawa Timur Bagian Utara

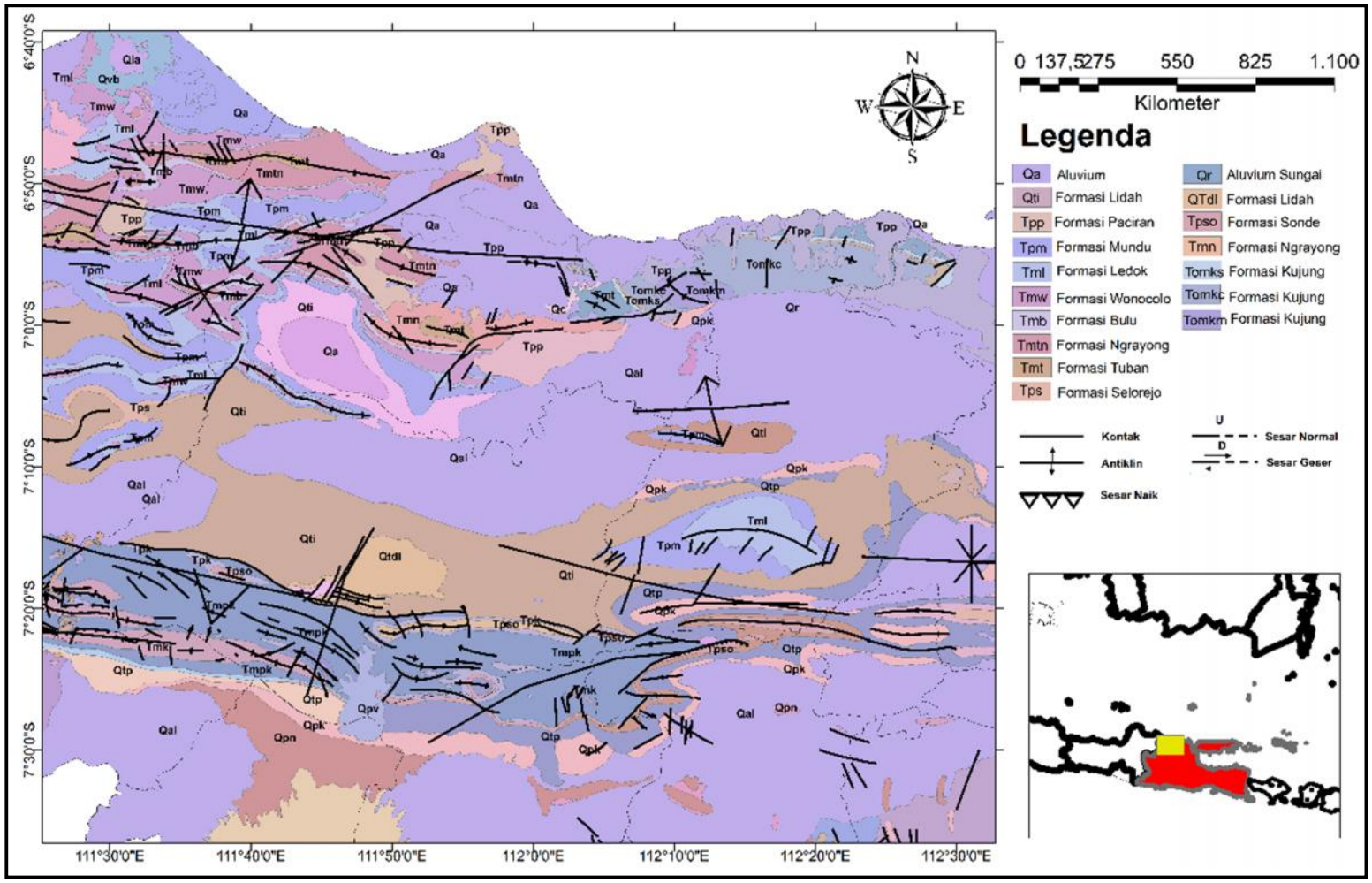


Gambar 4. Lokasi Cekungan Jawa Timur Bagian Utara (Tim Atlas Cekungan PSG, 2009).

Cekungan sedimen penghasil minyak di wilayah Indonesia bagian Timur yang berumur Tersier, secara tektonik berada pada cekungan busur belakang (*back arc basin*). Salah satunya adalah Cekungan Jawa Timur bagian Utara yang terbentuk akibat tumbukan Lempeng Hindia Australia bergerak ke arah

Utara terhadap Lempeng Sunda. Pertemuan kedua lempeng tersebut berakibat terjadinya tumbukan kedua lempeng yang membentuk sistem busur kepulauan (*Sunda Arc System*) (Panjaitan, 2010).

Cekungan Jawa Timur terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan serta proses-proses lain, seperti penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik. Tahap awal pembentukan cekungan tersebut ditandai dengan adanya *half graben* yang dipengaruhi oleh struktur yang terbentuk sebelumnya. Tatanan tektonik yang paling muda dipengaruhi oleh pergerakan Lempeng Australia dan Sunda. Secara regional perbedaan bentuk struktural sejalan dengan perubahan waktu. Aktifitas tektonik utama yang berlangsung pada umur Plio-Pleistosen, menyebabkan terjadinya pengangkatan daerah regional Cekungan Jawa Timur dan menghasilkan bentuk morfologi seperti sekarang ini. Struktur geologi daerah Cekungan Jawa Timur umumnya berupa sesar naik, sesar turun, sesar geser, dan pelipatan yang mengarah Barat-Timur akibat pengaruh gaya kompresi dari arah Selatan-Utara.



Gambar 5. Peta Geologi Daerah Penelitian (Tim Geologi, 1992).

D. Stratigrafi Daerah Penelitian

Di daratan Jawa Timur satuan stratigrafi tertua adalah batuan dasar yang langsung melapisi diatasnya yaitu:

1. Formasi Pra-Ngimbang

Berumur Eosen Bawah terdiri dari batupasir sisipan serpih, batulanau, batugamping, lempung, konglomerat dan disisipi sedikit batubara yang tidak selaras dengan Formasi Ngimbang di atasnya.

2. Formasi Ngimbang

Berumur Eosen Tengah ditandai dengan sedimen klastik yang terdiri dari perselingan batupasir, serpih dan batugamping kadang-kadang dijumpai batubara yang menunjukan lingkungan laut dangkat diatasnya diendapkan Formasi Ngimbang secara tidak selaras.

3. Formasi Kujung

Formasi Kujung dapat dibagi menjadi 2 unit (turut dari tua kemuda) sebagai berikut:

a. Kujung II

Kujung II secara selaras diendapkan diatas Formasi Ngimbang dan pada umumnya dapat dibedakan dari unit yang lebih muda dan tua berdasarkan fasiesnya yang didominasi oleh serpih. Litologi dan ketebalan dari unit ini bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya, tergantung dari konfigurasi *paleo-basement.* Batugamping dan batuserpih mendominasi unit ini dengan sedikit kehadiran batupasir dan batulanau.

b. Kujung I

Sekuen batugamping yang masif dan menerus ini hadir secara selaras diatas Kujung II yang lebih muda. Variasi ketebalan sangat dimungkinkan sebagai akibat adanya pembentukan terumbu secara lokal. Petumbuhan terumbu biasanya berkembang dengan baik pada daerah tinggian *paleo-basement.* Meskipun demikian, karbonat tersebut cenderung berubah secara cepat dan ter-*onlap*-kan oleh fasies yang lebih serpih yang terdiri dari beberapa lapisan tipis batugamping berenergi rendah pada daerah *paleo-low*. Platform karbonat yang terpapar dan kemudian tenggelam menjadikan suatu ketidakselarasan yang tampak dengan jelas dan permukaan *onlap* dan transisi ke bagian yang lebih muda serta lebih didominasi oleh sekuen klastik.

4. Formasi Tuban

Terdiri atas perlapisan batulempung beberapa sisipan batugamping dan serpih terbentuk pada awal Miosen dan diendapkan pada lingkungan pada lingkungan laut dalam. Miosen mudstone dan shale mengendap menutupi sekuen kerbonat dari Formasi Kujung sehingga dikenal dengan regional seal cekungan Jawa Timur.

5. Formasi Ngrayong

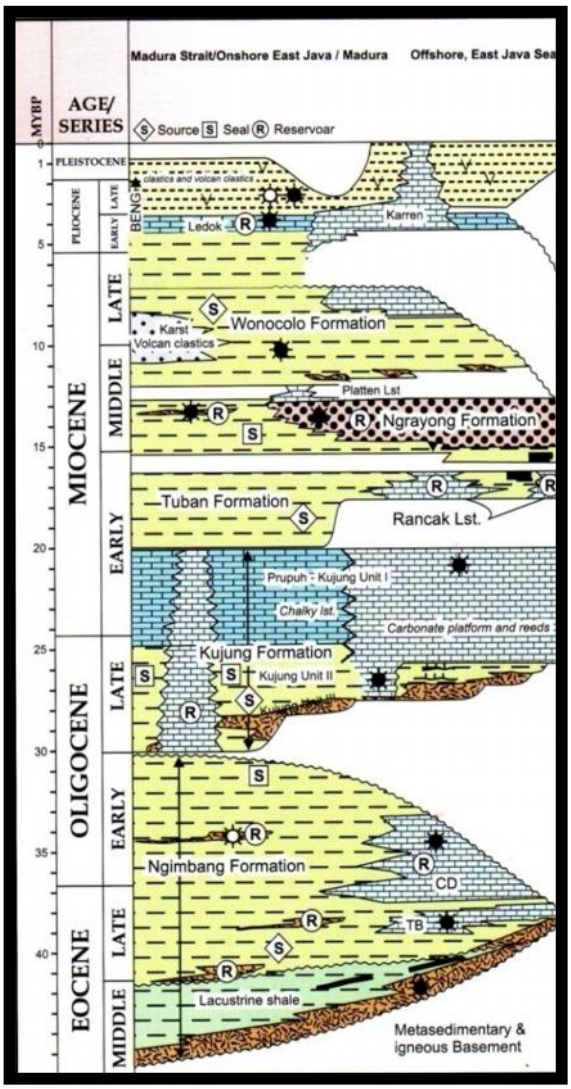
Terdiri atas batupasir, serpih, batulempung, batulanau dan sisipan batugamping umur Miosen Awal – Miosen Tengah tersingkap secara luas pada lembar Rembang.

4. Formasi Wonocolo

Tersusun dari napal dan lempung tidak berlapis dibagian bawah tersusun oleh batugamping pasiran dengan pengendapan transgresif yang berumur Miosen Tengan – Miosen Akhir.

5. Formasi Ledok

Formasi Ledok tersusun atas perulangan napal pasiran dan kelterit dengan napal dan batupasir. Bagian atas dari formasi ini dicirikan batupasir dengan konsentrasi glaukonit. Formasi ini diperkirakan berumur Pliosen Awal.



Gambar 6. Tatanan Stratigrafi Daerah Penelitian (Mudjiono dan Pinero 2002).

E. *Petroleum System*

Secara struktur dan stratigrafi Jawa Timur merupakan cekungan *back arc* Indonesia terkompleks yang juga merupakan *most wanted area* untuk *petroleum* di Indonesia (Satyana,2008). Batuan tertua tersingkap dibagian ini berumus Miosen Akhir yang kebanyakan mengandung minyak.

Petroleum System merupakan kajian atau studi yang akan mendeskripsikan hubungan secara genetis antara sebuah batuan induk yang aktif, komponen-komponen geologi, proses-proses yang dibutuhkan dari tiap tahap pembentukan hingga terakumulasinya minyak dan gas bumi.

1. Batuan Induk *(Source Rock)*

Adanya *source rock* yang matang, yaitu batuan sedimen berbutir halus yang memiliki kapabilitas sebagai sumber minyak dan gas. Di Jawa Timur *source rock* diendapkan pada *fluvio-deltaic* dimana terjadi pengendapan yang cepat yang merupakan salah satu cara untuk mencegah rusaknya material. Sebagian besar batuan induk yang terdapat di Jawa Timur merupakan lapisan-lapisan seprih kaya organik dan barubara dari Formasi Ngimbang dan Kujung.

2. *Reservoar*

Adanya *reservoar,* yaitu batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang baik yang memungkinkan menjadi tempat penampung minyak dan gas. Suatu *reservoar* dikatakan baik jika mempunyai porositas (10-30%) dan permeabititas (50-500 *milicarcy*) karena pori-pori yang saling berhubungan ini akan sangat mempengaruhi besar kecilnya daya tampung dari suatu batuan *reservoar.* Target utama di Cekungan Jawa

Timur adalah batupasir pada Formasi Ngimbang, batugamping pada Formasi Kujung dan batupasir Formasi Ngrayong.

3. Batuan Penutup (*Cap Rock*)

Adanya *cap rock* yaitu batuan kedap fluida (*impermeabel*) dan terletak di atas batuan *reservoar* yang berfungsi sebagai penutup yang menghalangi keluarnya fluida dari batuan *reservoar*. Batuan penutup pada umur Eosen terdapat pada batuserpih Formasi Ngimbang, batuserpih pada Formasi Kujung dan serpih, batulempung dan napal pada formasi itu sendiri.

4. Migrasi (*Migration*)

Adanya mekanisme *migration,* yaitu berpindahnya minyak dan gas dalam lapisan batuan bumi. Migrasi terjadi akibat sifat alamiah fluida yang berpindah dari tekanan tinggi menuju tempat yang bertekanan lebih rendah. Migrasi juga disebabkan adanya kapilaritas lapisan batuan permeable. Dengan adanya proses migrasi, maka minyak dan gas dapat terakumulasi di dalam *reservoar* sehingga *reservoar* tersebut berpotensi untuk diekploitasi. Tanpa adanya migrasi, *reservoar* tidak akan pernah terbentuk.

Secara umum migrasi terbagi menjadi dua yaitu primer dan sekunder. Migrasi primer adalah pergerakan migas keluar dari batuan induk menuju baruan *reservoar*, sedangkan migrasi sekunder adalah pergerakan migas dari suatu *reservoar* ke *reservoar* lainnya melalui patahan, lipatan dll (Moehadi, 2010).

5. Perangkap (*Trap)*

Adanya *trap,* yaitu suatu lapisan batuan *impermeable* yang susunannya membentuk sebuah jebakan yang membuat fluida migas terperangkap. Secara umum *trap* terbentuk akibat adanya patahan (*fault*) dan lipatan (*fold*). Perangkap struktur merupakan target eksplorasi yang paling sering dicari karena jenis perangkap ini mudah dideteksi. Pada umumnya perangkap ini merupakan sebuah antiklin yang pembentukannya akan sangat berkaitan erat dengan aktivitas tektonik di daerah tersebut. Sedangkan perangkap stratigrafi adalah jebakan yang terbentuk dan berhubungan dengan perubahan tipe batuan baik secara lateral maupun vertikal dan ketidakselarasan. Sebagian besar jebakan yang berkembang di Cekungan Jawa Timur Utara adalah perangkap struktur dan stratigrafi yang terbentuk pada umur Miosen, yaitu *carbonat buil-up* pada masa Oligosen Akhir-Miosen Awal dan struktur *Uplift* yang terjadi pada masa Miosen Awal-Miosen Akhir.

F. Minyak dan Gas di Jawa Timur bagian Utara

1. Kemunculan dan Pengelompokan Minyak di Daerah Jawa Timur

Kemunculan minyak di Jawa Timur bagian Utara diantaranya di daerah Cepu-Bojonegoro, Surabaya, Madura dan Laut Madura Utara. Pada daerah Cepu-Bojonegoro memproduksi minyak dari pertengahan-akhir Miosen (batupasir Ngrayong), namun baru-baru ini ditemukan daerah baru yang batuan *reservoar*nya dari terumbu Oligo-Miosen dari Formasi Kujung. Daerah Surabaya meliputi bidang lama yang memproduksi minyak dari

batupasir Ngrayong. Daerah Madura meliputi bidang tua dalam tren yang sama dari Cepu dan Surabaya. Dan wilayah laut Utara Madura mencakup semua bidang *reservoar* oleh terumbu karbonat Kujung, Paleogen dari Ngimbang pasir ke karbonat Rancak.

Pengelompokan minyak dilakukan oleh Pusat Penelitian BP (tidak dipublikasikan) yang memungkinkan minyak untuk masuk kedalam 1 dari 5 kategori: A, B, C, D dan E. Minyak kelas A dan B sama-sama berasal dari campuran sisa-sisa alga dan bakteri yang telah terakumulasi di lingkungan laut, perbedaannya adalah litologi terkati baik klastik (B) atau non-klastik (A). Kelas C, minyak bersumber dari sisa-sisa organik terutama alga dengan beberapa masukan bakteri, dimana ganggang hijau adalah penyumbang utama kerogen. Kelas D dan E mewakili kerogen terutama berasal dari tanaman darat, lilin dari kutikula atau resin dari daun dan batang. Pemeriksaan yang telah dilakukan bahwa minyak di Jawa Timur termasuk dalam klasifikasi D.

Dari data sumur Paleo-Eosen pra-Ngimbang, Eosen tengah Ngimbang, Oligo-Miosen Kujung, Miosen awal Tuban dan Miosen tengah OK serpih-batubara memiliki potensi menjadi batuan sumber.

2. Kemunculan dan Jenis-Jenis Gas yang Ada di Jawa Timur

Tiga jenis genetik gas alam dapat dibedakan dalam Cekungan Jawa Timur. Pertama gas termogenik yang umumnya terkait dengan produksi minyak terutama dari Miosen.dan *reservoar* tua. Kedua, bakteri/gas biogenik (*bakteriobenic)* yang ditemukan terutama di *reservoar* Pliosen-Pleistosen

dan ketiga yaitu gas campuran dari termogenik dan biogenik yang didominasi hadir pada *reservoar* berumur miosen akhir namun ada juga yang ditemukan di *reservoar* yang lebih muda dan yang lebih tua.

Pada penelitian ada 4 habitat minyak dan gas bumi di daerah Jawa Timur yaitu pada Formasi Ngimbang, Kujung, Ngrayong dan Tawun-Mundu (Saytana, ddk, 2003).

BAB III
TEORI DASAR

A. Teori Pembentukan Minyak dan Gas Bumi

1. Teori Asal Anorganik

a. Teori Alkani Panas dengan CO_2 (Berthelot, 1866)

Berthelot adalah ahli kimia Perancis. Ia memulai dengan suatu anggapan bahwa di dalam bumi terdapat logam alkali dalam keadaan bebas dan tentunya pada temperatur yang tinggi. Jika karbondioksida yang datang dari udara bersentuhan dengan alkani panas ini, maka asitilen dapat terbentuk. Variasi lain dari teori ini adalah adanya besi yang panas dalam kerak bumi, yang karena aksi karbondioksida dan hidrogensulfida menghasilkan juga reaksi yang serupa. Air yang mengandung asam karbonat biasanya datang dari laut yang masuk ke dalam kerak bumi melalui rekahan-rekahan.

b. Teori Karbida Panas Dengan Air (Mendeleyeff, 1877)

Mendeleyeff seorang kimiawan asal Uni Soviet abad 19, beranggapan bahwa dalam kerak bumi terdapat kerbida besi. Air yang masuk kedalam kerak bumi membentuk hidrokarbon yang menjadikan minyak bumi. Didalam teori ini berdasarkan suatu pengetahuan umum bahwa

kalsium karbida ditambah air akan membentuk gas asitilen yaitu salah satu gas hidrokarbon.

c. Teori Emanasi Vulkanik

Asal volkanik minyakbumi, mula-mula sekali ditemukan oleh Von Humboldt pada tahun 1805, kemudian dikembangkan oleh sarjana lainnya seperti Virlet d'Aoust (1934), silvestri dan terutama dikemukakan oleh Coste (1903). Teori ini mula-mula didasarkan atas pengamatan yang mengirakan bahwa gunungapi lumpur merupakan gunungapi dalam arti sebenarnya yaitu terdapatnya minyak bumi di dalam batuan volkanik atau dekat batuan beku. Selain itu juga didasarkan atas adanya gas metan (CH4) di dalam emanasi gunungapi lainnya. Hal ini diperkuat dengan ditemukannya minyak cair dan parafin yang padat di dalam rongga-rongga lava basalta di Gunung Etna. Rusia berhasil membuktikan kalau minyak bumi ternyata bukan dari fosil dan dapat diperbaharui karena berasal dari lapisan magma di kedalaman lebih dari 30,000 kaki dan tidak ditemukan lapisan organik.

d. Hipotesa Kimia

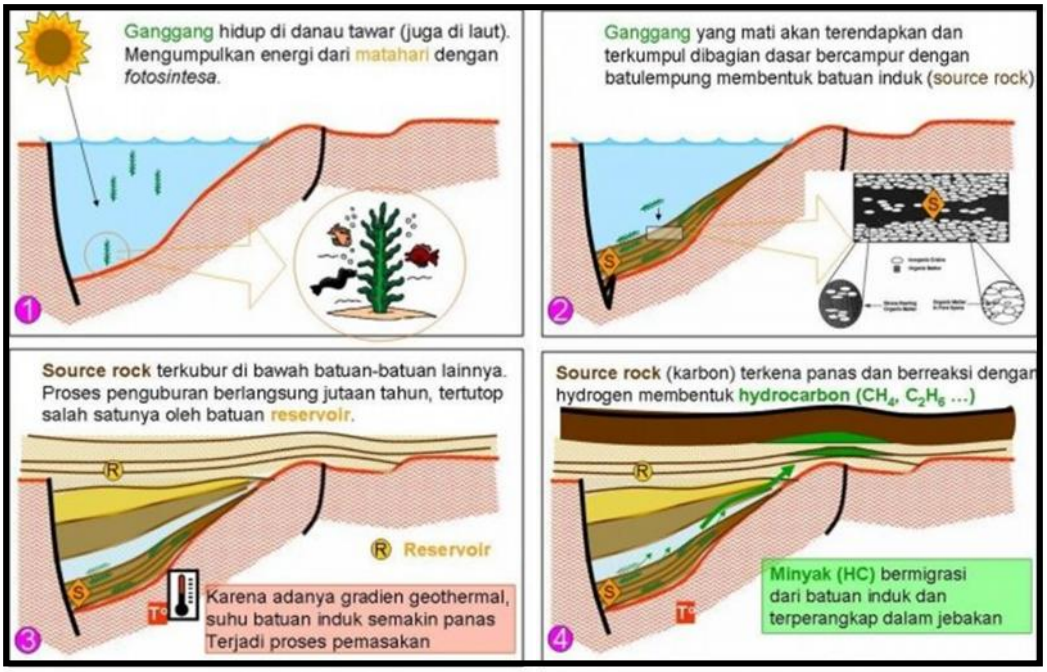
Pada tahun 1964 di Amerika Serikat, Marx megemukakan teori baterai, yang menyatakan bahwa di bawah kerak bumi terdapat suatu kombinasi antara air, grafit dan sulfida besi yang bertindak sebagai penyalur aliran listrik. Sebagai reaksi ini, air terurai dan menghasilkan hidrogen yang bereaksi dengan grafit untuk membentuk hidrokarbon.

Studi ini menjelaskan bagaimana menggabungkan tiga materi abiotik (tak hidup) yaitu air (H_2O), batu kapur ($CaCO_3$), dan besi oksida (FeO) dan menghancurkan campuran tersebut bersama-sama dengan tekanan yang sama dengan di bawah permukaan bumi. Proses ini menghasilkan metana (CH_4) yaitu komponen paling besar dalam gas alam.

2. Teori Asal organik

Mungkin tidak ada yang menyangka sebelumnya bahwa secara alami minyak bumi yang ada secara alami ini dibuat oleh alam ini bahan dasarnya dari ganggang. Ya, selain ganggang, biota-biota lain yang berupa daun-daunan juga dapat menjadi sumber minyak bumi. Tetapi ganggang merupakan biota terpenting dalam menghasilkan minyak. Namun dalam studi perminyakan (diketahui bahwa tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi akan lebih banyak menghasilkan gas ketimbang menghasilkan minyak bumi. Hal ini disebabkan karena rangkaian karbonnya juga semakin kompleks. Setelah ganggang-ganggang ini mati, maka akan teredapkan di dasar cekungan sedimen. Keberadaan ganggang ini bisa juga di laut maupun di sebuah danau. Jadi ganggang ini bisa saja ganggang air tawar, maupun ganggang air laut. Tentu saja batuan yang mengandung karbon ini bisa batuan hasil pengendapan di danau, di delta, maupun di dasar laut. Batuan yang mengandung banyak karbonnya ini yang disebut *Source Rock* (batuan Induk) yang kaya mengandung unsur Carbon (*high TOC-Total Organic Carbon*).

Proses pembentukan karbon dari ganggang menjadi batuan induk ini sangat spesifik. Itulah sebabnya tidak semua cekungan sedimen akan mengandung minyak atau gasbumi. Kalau saja karbon ini teroksidasi maka akan terurai dan bahkan menjadi rantai karbon yang tidak mungkin dimasak. Proses pengendapan batuan ini berlangsung terus menerus. Kalau saja daerah ini terus tenggelam dan terus ditumpuki oleh batuan-batuan lain diatasnya, maka batuan yang mengandung karbon ini akan terpanaskan. Tentu saja kita tahu bahwa semakin kedalam atau masuk ke bumi, akan bertambah suhunya (Makhrani,2012).



Gambar 7. Proses Pembentukan Minyak dan Gas (Teori Organik) (Makhrani,2012)

B. Metode Gayaberat

Metode gayaberat adalah metode dalam geofisika yang dilakukan untuk menyelidiki keadaan bawah permukaan berdasarkan perbedaan rapat massa dari daerah sekeliling. Metode ini adalah metode geofisika yang sensitif

terhadap perubahan vertikal, oleh karena itu metode ini disukai untuk mempelajari kontak intrusi, batuan dasar, struktur geologi, endapan sungai purba, lubang di dalam tanah, masa batuan dan lain-lain (Sarkowi, 2011).

Dalam metode ini yang dipelajari adalah variasi medan gaya berat akibat variasi rapat massa batuan di bawah permukaan sehingga dalam pelaksanaannya yang diselidiki adalah perbedaan medan gaya berat dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya. Metode gaya berat umumnya digunakan dalam eksplorasi jebakan minyak (*oil trap*). Disamping itu metode ini juga banyak dipakai dalam eksplorasi mineral dan lainnya (Kearey dkk., 2002).

Prinsip pada metode ini mempunyai kemampuan dalam membedakan rapat massa suatu material terhadap lingkungan sekitarnya. Dengan demikian struktur bawah permukaan dapat diketahui. Pengetahuan tentang struktu bawah permukaan ini penting untuk perencanaan langkah-langkah eksplorasi baik minyak maupun mineral lainnya. Biasanya dalam pengerjaan pengukuran gayaberat ini dilakukan secara *looping* (Supriyadi, 2009).

C. Konsep Dasar Gayaberat

1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton 1)

Teori yang mendukung ilmu gayaberat terapan adalah hukum Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua partikel bergantung dari jarak dan massa masing-masing partikel tersebut yang dinyatakan sebagai berikut:

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

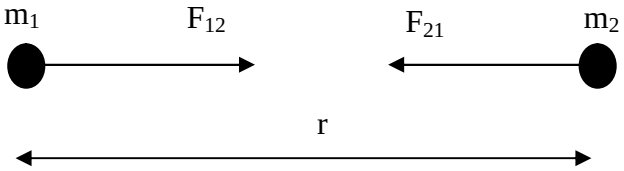
Dimana:

F (r) : Gaya tarik menarik (N)

m_1,m_2 : Massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)

r : Jarak antara dua buah benda (m)

G : Konstanta gravitasi universal (6,67 x 10^{-11} m^3 kg s^{-2})



Gambar 8. Gaya Tarik Menarik Antara Dua Benda (Rosid, 2005)

2. Percepatan Gayaberat (Hukum Newton II)

Newton juga mendefinisikan hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum II Newton tentang gerak menyatakan gaya sebanding dengan perkalian massa benda dengan percepatan yang dialami benda tersebut.

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

Percepatan sebuah benda bermassa m_2 yang disebabkan oleh tarikan bermassa m_1 pada jarak R secara sederhana dapat dinyatakan dengan:

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

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persaman diatas menjadi:

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

Dimana:

g : Percepatan gaya tarik bumi

M : Massa bumi

m : Massa benda

F : Gaya berat

R : Jari-jari bumi

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

$$1 \text{ Gall} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2 \text{ (dalam c.g.s)} \quad (5)$$

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

$$1 \text{ mGall} = 10^{-3} \text{ Gall} \quad (6)$$

$$1 \text{ μGall} = 10^{-3} \text{ mGall} = 10^{-6} \text{ Gall} = 10^{-8} \text{ m/s}^2 \quad (7)$$

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

$$1 \text{ mGall} = 10 \text{ g.u.} = 10^{-5} \text{ m/s}^2 \quad (8)$$

(Octonovrilya dan Pudja, 2009).

3. Potensial Gayaberat

Potensial gayaberat adalah energi yang diperlukan untuk memindahkan suatu massa dari suatu titik ke titik tertentu. Suatu benda dengan massa tertentu dalam sistem ruang akan menimbulkan medan potensial disekitarnya.

Dimana medan potensial bersifat konservatif, artinya usaha yang dilakukan dalam suatu medan gaya berat tidak tergantung pada lintasan yang ditempuhnya tetapi hanya bergantung pada posisi awal dan akhir.

Persamaan anomali gaya berat didapat dengan menganggap bumi sebagai suatu massa 3 dimensi yang berbentuk sembarang dan terdistribusi secara berkelanjutan.

$$U(x,y,z) = G \int_x \int_y \int_z \frac{\rho(\alpha,\beta,\gamma)}{[(x-\alpha)^2+(y-\beta)^2+(z-\gamma)^2]^{1/2}} \, d\alpha \, d\beta \, d\gamma \qquad (9)$$

dimana $\rho(\alpha,\beta,\gamma)$ adalah rapat massa, dan *x,y,z,* adalah koordinat potensial gaya berat. Medan gaya berat akibat distribusi rapat massa diperoleh dengan mendeferensialkan Persamaan (2) terhadap *x*, *y*, dan *z* sehingga didapatkan Persamaan anomali gaya berat (3)

$$g\,(x,y,z) = G \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho(\alpha,\beta,\gamma)(z-\gamma)}{[(x-\alpha)^2+(z-\gamma)^2]^{3/2}} d\alpha \, d\beta \, d\gamma \qquad (10)$$

dimana g adalah anomali gayaberat yang diamati, ρ adalah densitas, *G* adalah konstanta gayaberat umum, (*x, y, z*) dan (α,β, γ) masing-masing adalah sistem koordinat titik ukur dan sumber benda (Telford, dkk, 1990).

D. Anomali Bouguer

Anomali Bouguer (dinamai oleh Pierre Bouguer) pada metode gayaberat disebabkan oleh benda anomali baik yang berada dekat dengan permukaan maupun yang jauh dari permukaan bumi. Karena tujuan eksplorasi geofisika pada umumnya untuk mempelajari struktur yang dekat permukaan (cekungan minyak dan gas, *reservoir* panas bumi, sumber daya alam, struktur geologi), maka berbagai usaha telah dilakukan untuk memisahkan efek residual dari efek regional.

Anomali Bouguer merupakan selisih antara harga gravitasi pengamatan (g_{obs}) dengan harga gravitasi teoritis (g_n) yang didefinisikan pada titik

pengamatan bukan pada bidang referensi, baik elipsoid maupun muka laut rata-rata. Selisih tersebut merefleksikan variasi rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya ke arah lateral maupun ke arah vertikal.

Anomali Bouguer dapat bernilai positif ataupun negatif. Nilai anomali positif mengindikasikan adanya kontras densitas yang besar pada lapisan bawah permukaan. Anomali negatif menggambarkan perbedaan densitas yang kecil. Setelah dilakukan koreksi terhadap data percepatan gayaberat hasil pengukuran maka akan diperoleh persamaan anomali percepatan gayaberat (Blakely, 1996), yaitu:

1. Anomali Bouguer Sederhana (ABS)

$$ABS = G_{obs} - G_n + FAA - BC \quad (11)$$

2. Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

$$ABL = G_{obs} - G_n + FAA - BC + TC \quad (12)$$

Dimana:

Δg (ABS/ABL)	: Anomali Bouguer
Gobs	: Percepatan gayaberat termati
Gn	: Percepatan gayaberat setelah dikoreksi lintang
FAA	: Koreksi udara bebas
BC	: Koreksi bouguer
TC	: Koreksi medan

E. Analisis Spektrum

Analisis spektrum dilakukan untuk untuk mengestimasi lebar jendela serta estimasi kedalaman anomali gayaberat. Analisis spektrum dilakukan dengan cara mentransformasi Fourier lintasan yang telah ditentukan pada peta kontur Anomali Bouger Lengkap. Secara umum, suatu Transformasi Fourier adalah menyusun kembali/mengurai suatu gelombang ke dalam gelombang sinus dengan frekuensi bervariasi dimana hasil penjumlahan gelombang-gelombang sinus tersebut adalah bentuk gelombang aslinya (Kadir, 2000).

Untuk analisis lebih lanjut, amplitudo gelombang-gelombang sinus tersebut didisplay sebagai fungsi dari frekuensinya. Secara matematis hubungan antara gelombang S(f) yang akan diidentifikasi gelombang sinusnya *(input)* dan *S(f)* sebagai hasil Transformasi Fourier diberikan oleh persamaan berikut:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt \qquad (13)$$

Dimana $j = \sqrt{-1}$

Pada metoda gayaberat, spektrum diturunkan dari potensial gayaberat yang teramati pada suatu bidang horizontal dimana transformasi fourier sebagai berikut (Blakelly, 1996) :

$$F(k) = \gamma\, \mu\, F\left(\frac{1}{r}\right) \quad dan\ F\left(\frac{1}{R}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0 - z_1)}}{|K|} \qquad (14)$$

Dimana $z_1 > z_0, |k| \neq 0$

k = Potensial gayaberat μ = anomali rapat massa

γ = konstanta gayaberat r = jarak

Transformasi fourier pada lintasan yang diinginkan adalah :

$$F(g_z) = 2\pi G m e^{|k|(z_0 - z_1)}, \quad z_1 > z_0 \tag{15}$$

Jika distribusi rapat massa bersifat random dan tidak ada korelasi antara masing-masing nilai gayaberat , maka m=1 sehingga hasil Transformasi Fourier anomali gaya berat menjadi :

$$A = C\, e^{|k|(z_0 - z_1)} \tag{16}$$

Dimana A = amplitudo C = 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 berbanding lurus dengan *spectral amplitude.*

$$lnA = ln 2\pi G m e^{|k|(z_0 - z_1)} \tag{17}$$

$$lnA = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \tag{18}$$

Persamaan di atas dapat dianologikan dalam persamaan garis lurus :

$$y = mx + c \tag{19}$$

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

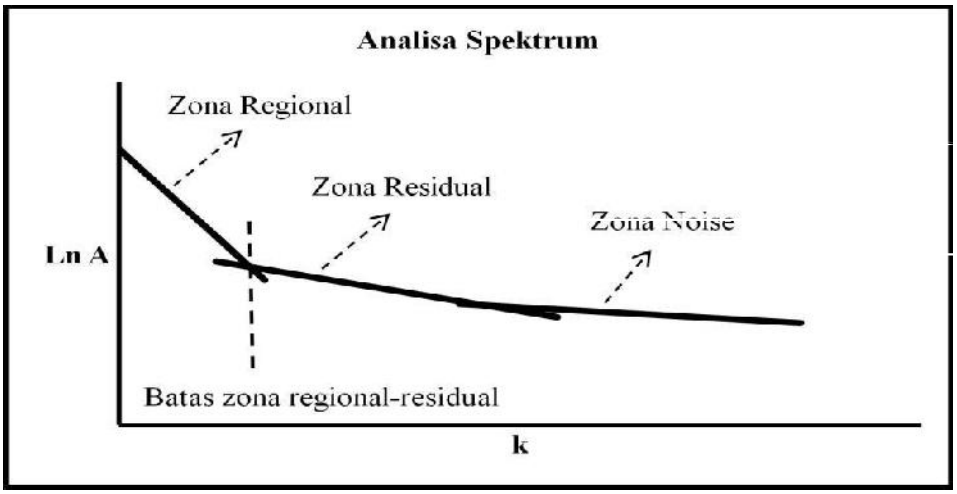
Oleh karena itu, kemiringan garisnya merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal. $|k|$ sebagai sumbu x didefinisikan sebagai bilangan gelombang yang besarnya $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan satuannya *cycle/*meter, dengan λ adalah panjang gelombang. Hubungan λ dengan Δx diperoleh dari persamaan :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{k_c \Delta x.} \tag{20}$$

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

$$N = \frac{2\pi}{k_c.\Delta x} \tag{21}$$

Dimana Δx adalah domain spasi yang akan digunakan dalam *Fast Fourier Transform* (FFT), dan kc adalah bilangan gelombang *cutoff*.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Amplitudo dan Bilangan Gelombang Pada Analisis Spektrum (Sarkowi, 2011).

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

F. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Anomali gayaberat yang terukur dipermukaan merupakan penjumlahan dari semua kemungkinan sumber anomali yang ada di bawah permukaan dimana salahsatunya merupakan target *event* dari eksplorasi. Sehingga untuk

kepentingan interpretasi, target *event* harus dipisahkan dari target lainnya. Jika target *event* adalah anomali resiudal, maka target lainnya adalah anomali regional dan *noise*. Secara sederhana, dari segi lebar anomali, *noise* akan memiliki lebar anomali lebih kecil dari target (residual), sedangkan regional lebih besar dari residual berdasarkan kedalaman, *noise* akan lebih dangkal dari residual, sedangkan regional lebih dalam (Sarkowi, 2011).

Pada dasarnya metode pemisahan dilakukan untuk memisahkan anomali-anomali berdasarkan frekuensi yang berhubungan dengan kedalaman sumber anomali tersebut. Anomali residual berhubungan dengan frekuensi tinggi, sedangkan anomali regional berhubungan dengan frekuensi rendah. Tujuan dilakukan proses pemisahan ini adalah untuk memeroleh nilai anomali residual dan regional yang representative dengan keadaan bawah permukaan yang sebenarnya (Sari, 2012).

G. Moving Average

Nilai gayaberat yang terukur di permukaan merupakan penjumlahan dari berbagai macam anomali dan struktur dari permukaan sampai inti bumi, sehingga anomali Bouguer yang diperoleh merupakan gabungan dari beberapa sumber anomali dan struktur. Anomali Bouguer adalah superposisi dari anomali yang bersifat regional dan yang bersifat residual atau lokal. Anomali regional berkaitan dengan kondisi geologi umum secara keseluruhan pada daerah yang bersangkutan, dicirikan oleh anomali yang berfrekuensi rendah, sedangkan anomali residual dicirikan oleh anomali yang berfrekuensi tinggi.

Untuk memeroleh anomali yang terasosiasi dengan kondisi geologi yang diharapkan dan untuk meningkatkan resolusi sebelum diinterpretasi secara kuantitatif, maka perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan residual, sehingga anomali yang diperoleh sesuai dengan anomali dari target yang dicari. Pemisahan anomali juga dimaksudkan untuk membantu dalam interpretasi gayaberat secara kualitatif. Pemisahan anomali ini salahsatunya dapat dilakukan dengan *filter moving average.*

Moving average dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalinya. Hasil perata-rataan ini merupakan anomali regionalnya, sedangkan anomali residualnya diperoleh dengan mengurangkan data hasil pengukuran gayaberat dengan anomali regional.

$$\Delta g_{regional} = \left(\frac{N+1}{2}, \frac{N+1}{2}\right) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \frac{\Delta g(i,j)}{N^2} \quad (22)$$

dimana, *i* adalah nomor stasiun, *N* adalah lebar jendela, *N* adalah nilai bilangan *N* dikurangi satu dan dibagi dua dan Δg_{reg} adalah besarnya anomali regional.

Sedangkan penerapan *moving average* pada peta dua dimensi, harga pada suatu titik dapat dihitung dengan merata-ratakan semua nilai di dalam sebuah kotak persegi dengan titik pusat adalah titik yang akan dihitung harganya. Misalnya *moving average* dengan lebar jendela 3, maka:

$$\Delta g_{reg} = \frac{1}{9} \sum_{N}^{9} = 1 \Delta g_{(n)} \quad (23)$$

Nilai anomali residual Δg_{res} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta g_{reg} = \Delta g - \Delta g_{res} \quad (24)$$

dimana Δg adalah Anomali Bouguer total (Diyanti, 2014).

Berdasarkan karakter spektrum dari *filter* ini, lebar window *NxN* berbanding langsung dengan *low cut* dari panjang gelombang atau *high cut* frekuensi spasial dari *low pass filter*. Sehingga dengan bertambahnya lebar *window* akan menyebabkan bertambahnya panjang gelombang regional *output*. Dengan kata lain, lebar *window* terkecil meyebabkan harga regional nya mendekati Anomali Bouguernya.

Masalah utama menggunakan *moving average* adalah lebar jendela penapisan, makin besar jendela yang digunakan, makin lebar panjang gelombang yang diloloskan. Sebagai contoh, (Bath, 1974) mencoba penapisan menggunakan bermacam-macam jendela menghasilkan penyusun yang berbeda-beda. Dengan demikian terlihat bahwa masalah utama pada pemisahan anomali menggunakan metode *moving average* adalah:

1. Menentukan panjang gelombang anomali yang terdapat di daerah penelitian.
2. Menentukan lebar jendela optimum sebagai jendela penapisan yang efektif.

H. *Horizontal Derivative*

Pengertian *horizontal derivative* pada data anomali gayaberat adalah perubahan nilai anomali gayaberat dari satu titik ke titik lainnya dengan jarak tertentu. *Horizontal derivative* dari anomali gayaberat yang disebabkan oleh suatu *body* cenderung untuk menunjukkan tepian dari *body*-nya tersebut. Jadi

metode *horizontal gradient* dapat digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak densitas horizontal dari data gayaberat (Cordell, 1979).

Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkn struktur bawah permukaan yang dangkal maupun dalam. Amplitudo dari *horizontal derivative* ditunjukkan sebagai berikut (Cordell and Graunch, 1985) :

$$HG^{1st} = \sqrt{\frac{(\delta g)^2}{(\delta x)} + \frac{(\delta g)^2}{(\delta y)}} \tag{25}$$

First horizontal derivative (FHD) dan *Second Horizontal Derivative* (SHD) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FHD = \sqrt{\frac{(\delta g)^2}{(\delta x)} + \frac{(\delta g)^2}{(\delta y)}} \tag{26}$$

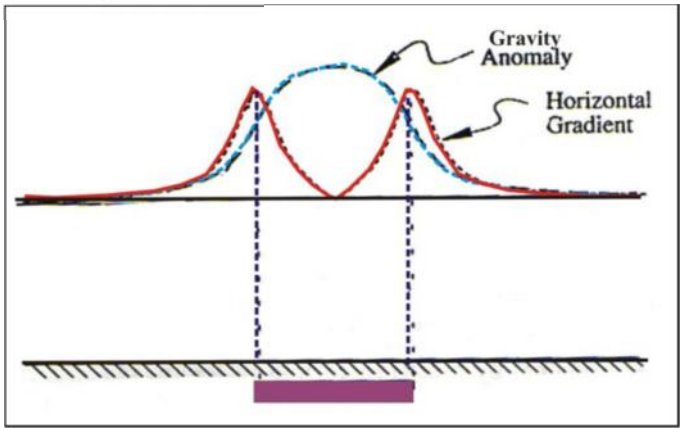
Untuk model dalam bentuk penampang hanya dalam arah *x*, maka rumus FHD-nya:

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\delta g}{\delta x}\right)^2} \tag{27}$$

Dan SHD:

$$SHD = \sqrt{\left(\frac{\delta^2 g}{\delta^2 x}\right)^2 + \left(\frac{\delta^2 g}{\delta^2 y}\right)^2} \tag{28}$$

Dimana $\frac{\delta g}{\delta x}$ dan $\frac{\delta g}{\delta y}$ merupakan turunan horizontal gayaberat pada arah *x* dan *y*.



Gambar 10. Model Anomali Gayaberat dan *Horizontal Derivative* Pada Benda di Bawah Permukaan

I. Pemodelan ke Depan (*Forward Modelling)*

Pemodelan ke depan adalah suatu metode interpretasi yang memperkirakan densitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi bawah permukaan. Kalkulasi anomali dari model yang dibuat kemudian dibandingkan dengan Anomali Bouguer yang telah diperoleh dari survei gayaberat. Prinsip umum pemodelan ini adalah meminimumkan selisih anomali pengamatan untuk mengurangi ambiguitas.

Benda dua dimensi adalah benda tiga dimensi yang mempunyai penampang yang sama dimana saja sepanjang tak berhinggga pada satu koordinatnya. Pada beberapa kasus, pola kontur Anomali Bouguer adalah bentuk berjajar yang mengidentifikasikan bahwa penyebab anomali tersebut adalah benda yang memanjang. Pemodelan dinyatakan dalam bentuk dua dimensi karena efek gravitasi dua dimensi dapat ditampilkan dalam bentuk profil tunggal. Pemodelan ke depan untuk menghitung efek gayaberat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon berisi dan dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon (Talwani, dkk, 1969).

Pemodelan ke depan (*forward modelling*) merupakan proses perhitungan data dari hasil teori yang akan teramati di permukaan bumi jika parameter model diketahui. Pada saat melakukan interpretasi, dicari model yang menghasilkan respon yang cocok dan fit dengan data pengamatan atau data lapangan. Sehingga diharapkan kondisi model itu bisa mewakili atau mendekati keadaan sebenarnya.

J. Pemodelan ke Belakang *(Inversi Modelling)*

Inverse Modelling adalah pemodelan berkebalikan dengan pemodelan ke depan. Pemodelan inversi berjalan dengan cara suatu model dihasilkan langsung dari data. Pemodelan jenis ini sering disebut data fitting atau pencocokan data karena proses di dalamnya dicari parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan. Diharapkan untuk respon model dan data pengamatan memiliki keseuaian yang tinggi dan ini akan menghasilkan model yang optimum (Supriyanto, 2007).

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi, Waktu dan Judul Penelitian

Penelitian dilakukan di :

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 : Januari – Mei 2017

Judul : Studi Cekungan Jawa Timur Bagian Utara Untuk Mengetahui Pola Sub-Cekungan Berpotensi Minyak dan Gas Bumi Menggunakan Data Gayaberat

B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam peneltian adalah sebagai berikut:

1. Data ABL gayaberat Daerah Jawa Timur Bagian Utara
2. Lembar Geologi Jawa Timur Bagian Utara
3. Laptop Asus Seri X450CC
4. *Software Geosoft*

5. *Software Surfer*
6. *Software ArcGis*
7. *Software Global Mapper*
8. *Software Numeri*
9. *Software Grav3D*
10. *Software Microsoft Word* 2007 dan *Excel* 2007

C. Prosedur Pengolahan Data

1. Membuat Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap

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 (Blakely, 1996).

Dengan analisis spektrum dapat diketahui 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.

Input untuk proses analisis spektrum adalah jarak antar titik pengukuran dan nilai anomali gayaberat hasil *slice* sepuluh buah lintasan yang memotong kontur anomali gayaberat (*gravity anomaly*) secara vertikal. Dalam penelitian ini menggunakan *Software Numeri* dengan memasukkan nilai jarak spasi dan nilai Anomali Bouguer pada lintasan tersebut, didapatkan nilai frekuensi, real, dan imajiner yang kemudian didapatkan nilai amplitudo dengan persamaan:

$$A = \sqrt{real^2 + imajiner^2} \tag{29}$$

$$LN(A) = Ln\sqrt{real^2 + imajiner^2} \tag{30}$$

Dimana :

F = Frekuensi

A = Amplitudo

Didapatkan pula nilai bilangan gelombang (*k*) dari persamaan (31) berikut:

$$k = 2\pi f \tag{31}$$

Setelah didapatkan nilai amplitudo dan panjang gelombang sesuai persamaan (37), (38) dan (39), kemudian dibuat plot grafik *ln A* terhadap *k.* Setelah itu estimasi kedalaman dapat dilakukan dengan membuat regresi linier pada zona regional dan residual.

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 *moving average* dengan lebar jendela 17 yang didapatkan dari proses analisis spektrum.

4. Pemodelan Bawah Permukaan

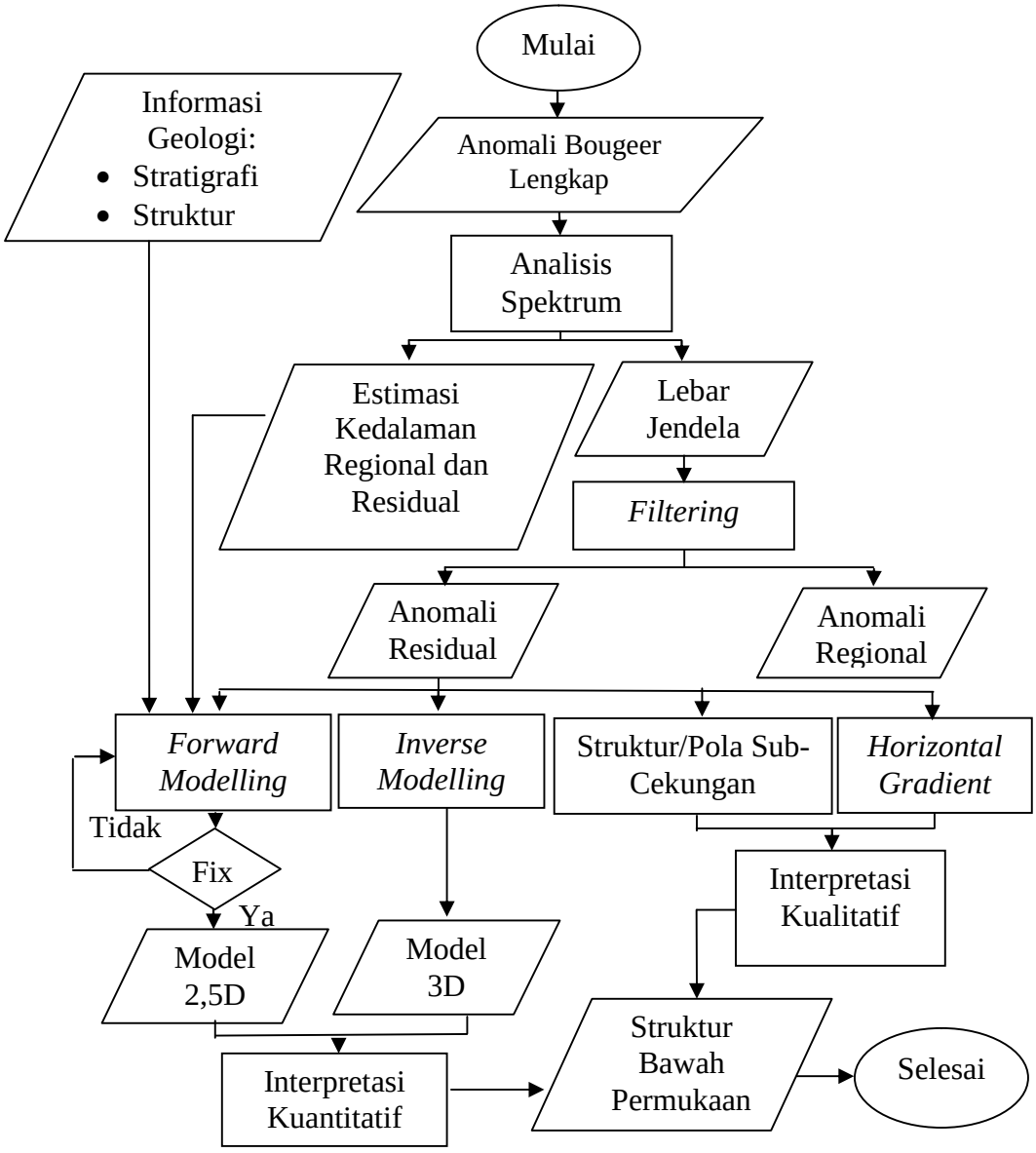
Ada dua metode pemodelan bawah permukaan yang dipakai pada penelitian kali ini, yaitu pemodelan maju atau *Forward Modelling* dan pemodelan mundur atau *Inverse Modelling.* Pemodelan maju digunakan saat melakukan pemodelan 2.5D dan kali ini pengolahan dibantu dengan menggunakan software *Oasis Montaj,* hal yang pertama dilakukan saat proses pemodelan 2.5D 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 2.5D, 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 Grav3D.

D. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat adalah:

1. Daerah penelitian memiliki rentang anomali Bouguer -35, sampai dengan 42 mGal yang merupakan respon variasi densitas batuan pada daerah penelitian. Anomali Bouguer -35 sampai -1 mGal tersebar pada bagian Selatan, warna hijau sampai orange menunjukan nilai densitas 0 sampai 33 mGal yang tersebar dari Barat ke Timur dan warna kontur merah dan merah muda menunjukan nilai densitas 34 sampai 42 mGal yang tersebar pada daerah Selatan.
2. Dari analisis spektrum diperoleh kedalaman rata-rata bidang diskotinuitas dangkal (residual) sebesar 4,47 km dan kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dalam (regional) sebesar 16,13 km. Hal ini menunjukkan bahwa bidang batas antara batuan dasar *(basement)* dan batuan sedimen terdapat pada kedalaman rata-rata 4,47 km.
3. Secara umum daerah Jawa Timur bagian Utara merupakan daerah cekungan dan dari analisi residual jumlah sub-cekungan sedimen yang dapat diinterpretasi adalah 5 sub-cekungan dan pola tinggian yang merupakan zona perangkap dan terakumulasinya lapsan sedimen sebagai

reservoar pada daerah penelitian ini diakibatkan oleh tumbukan Lempeng Hindia Australia yang bergerak ke arah Utara terhadap Lempeng Sunda.

4. Dari hasil pemodelan 2,5 D dan 3D didapatkan bahwa daerah Jawa Timur bagian Utara masih memiliki cadangan minyak dan gas bumi yang melimpah, dikarenakan dilihat dari hasil gayaberat yang didapatkan, sub-cekungan pada pada daerah ini masih berpotensi sebagai tempat pembentukan dan pematangan minyak dan gas bumi, pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa perpotensi sebagai perangkap dan zona *reservoar* serta terdapat beberapa patahan yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi kearah tinggian tinggian anomali pada daerah penelitian.

B. Saran

Adapun saran yang coba diberikan oleh penulis adalah perlu dilakukan penelitian dengan data geofisika lainnya misalnya data seismik atau data sumur untuk mengontrol atau sebagai titik ikat untuk pemodelan 2,5D.

DAFTAR PUSTAKA

Bath, M. 1974. *Spectral Analysis in Geophysics*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford.

Blakely, R.J. (1996). *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cordell, L. 1979. Gravimetric Expression of Graben Faulting in Santa Fe Country and The Espanola Basin. *Geol. Sot. Guidbook, 30th Field Conf., 59-64*. New Mexico : New Mexico.

Cordell, L., and Grauch, V. J. S. 1985. *Mapping Basement Magnetization Zones From Aeromagnetic Data in The San Juan Basin.* New Mexico. in Hinze., W. J. E. The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps: Sot. Explor. Geophys., 181 and 197.

Diyanti, A. 2014. *Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektral Data Gaya Berat*. (Skripsi) Prodi Fisika FPMIPA. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Kadir, W.G.A. (2000). *Eksplorasi Gayaberat dan Magnetik*. Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Ilmu Kebumian dan Teknologi Mineral, ITB.

Kearey. P., Brooks. M., and Hill, I. 2002. *An Intruduction to Geophysical Ekploration*. London: Blackwell Science.

Koesmadinata, R.P. 1978. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Bandung: ITB.

Makhrani. 2012. *Geologi Minyak dan Gas Bumi.* Makassar : Universitas Hasanuddin.

Mudjiono, R and Pireno, G.K. 2002. Exploration of the North Madura platform. offshore, East Java, Indonesia. *Proc. 28th Ann. Conv Indon. Petroleum Assoc*.

Moehadi, M. 2010. *Fundemantal of Petroleum Geology and Explorations*. Depok: Universitas Indonesia.

Octonovrilya, L. dan Pudja, P. 2009. Analisa Perbandingan Anomaly Gravitasi dengan persebaran intrusi air asin (Studi kasus Jakarta 2006-2007). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol.10 No.1 : AMG.*

Panjaitan, S. 2010. Prospek Migas Pada Cekungan Jawa Timur dengan Pengamatan Metode Gayaberat. *Buletin Sumber Daya Geologi Vol. 5, No.3.*

Pemetaan Potensi Ekonomi Wilayah Jawa. 2012. *Peta Administrasi Jawa Timur*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Ekonomi Daerah, Ditjer Bina Pembangunan dan Kementrian Dalam Negeri.

Reynold, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics.* Chichester: John Wiley and Sons.

Rosid, S. 2005. *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Depok: Universitas Indonesia.

.

Sarkowi, M. 2011. Diktat Kuliah: *Metode Eksplorasi Gayaberat*. Bandar Lampung: Universitas Lampung

Sari, I.P. 2012. *Study Komparasi Metode Filtering Untuk Pemisahan Regonal dan Residual Dari Data Anomali Bouger*. (Skripsi) Prodi Fisika FPMIPA. Depok: Universitas Indonesia.

Satyana, A.H. 2008. Petroleum Geology of Indonesia. *IAGI Professional Courses*. Bali.

Satyana, A.H. 2002. Oligo-Miocene Reefs : East Java's Giant Field. *IAGI Giant Field and New Exploration Concepts Seminar.* Jakarta.

Satyana, A.H., Margareth. E.M., Perwaningsih. 2003. Geochemistry of The East Java Basin: New Observation On Oil Grouping, Genetic Gas Types and Trends of Hydrocarbon Habitats. *Proc. 29th Ann. Conv Indon. Petroleum Assoc*.

Supriyadi. 2009. Studi Gaya Berat Relatif di Semarang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia Vol. 5, No.1*

Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi*. Depok: Universitas Indonesia.

Susilawati. 2005.*Reduksi dan Interpretasi Data Gravitasi*. e-USU Repository.

Talwani, M., J.L., Worzel., and Landisman, M. (1969). Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Aplication to the Mendocino Submaarine Fracture Zone. *Journal of Geophysical Reasearch: Vol.64 No.1*.

Telford, W.M., Geldart, L.P., and Sherrif, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. USA: Cambridge University.

Tim Atlas Cekungan Survei Geologi. 2009. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia Berdasarkan Data Gayaberat dan Geologi*. Bandung: Badan Geologi Departemen ESDM.

Tim Geologi. 1992. *Peta Geologi Jawa Timur.*Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Van Bemmelen, R, W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Geverment Printing Office.

Zhou X.,Zhong B., and Li X. 1990. Gravimetric Terrain Correction by Triangular-Element Method. *Geophysics Journal*. Vol. 55. pp 232-238.