

**IDENTIFIKASI SUB SUB-CEKUNGAN BANYUMAS
BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT**

(Skripsi)

Oleh

**Muhammad Nurul
1815051031**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**IDENTIFIKASI SUB SUB-CEKUNGAN BANYUMAS
BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT**

Oleh

MUHAMMAD NURUL

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI SUB SUB CEKUNGAN BANYUMAS BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT

Oleh

Muhammad Nurul

Sub-Cekungan Banyumas merupakan salah satu cekungan yang memiliki cadangan hidrokarbon yang terletak di Jawa Tengah. Kebutuhan minyak dan gas yang tinggi mendorong kegiatan eksplorasi pada Sub-Cekungan Banyumas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur dan distribusi densitas untuk menentukan sub sub-cekungan berdasarkan analisis data gayaberat dan data geologi. Data yang digunakan merupakan data sekunder dalam bentuk Anomali *Bouguer* Lengkap. Metode pengolahan data untuk memisahkan anomali menggunakan filter *moving average*. Selanjutnya dilakukan analisis *derivative* dengan *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) untuk mengetahui sesar dan batas geologi daerah penelitian. Pemodelan 2D menggunakan *software oasis montaj* fitur GM SYS dengan hasil model struktur. Pemodelan 3D menggunakan *software grablox, bloxer, dan software oasis montaj* menghasilkan model distribusi densitas. Hasil pengolahan didapatkan kedalaman anomali regional 7.517,76 meter dan kedalaman anomali residual 498,74 meter. Analisis anomali residual, FHD, dan SVD anomali *Bouguer* didapatkan adanya sesar berarah NE-SW di bagian timur dan tengah daerah penelitian. Hasil analisis *derivative* didapatkan beberapa patahan yang menjadi batas sub sub-cekungan serta batas litologi endapan Aluvium (Qa), Formasi Halang (Tmph), dan Formasi Penosogan (Tmpe). Model struktur dan distribusi densitas menggambarkan daerah sub sub-cekungan dimana diisi oleh Formasi Halang (Tmph) dengan densitas 2,5 gr/cc. Identifikasi struktur patahan dan pemodelan didapatkan 4 sub sub-cekungan pada daerah penelitian yakni Sub Sub-cekungan Jeruklegi, Sub Sub-Cekungan Sikampuh, Sub Sub-Cekungan Kroya, dan Sub Sub-Cekungan Nusawungu. Konfirmasi diperlukan untuk mengetahui patahan karena operator SVD yang digunakan hanya satu dan keberadaan sub sub-cekungan dengan metode magnetotelurik, mikroseismik, dan seismik untuk mengetahui model struktur bawah permukaan.

Kata Kunci : Distribusi Densitas, Gayaberat, Model Struktur, Sub sub-cekungan.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF BANYUMAS SUB BASIN BASED ON GRAVITY DATA ANALYSIS

By

Muhammad Nurul

Banyumas Sub-Basin is one of the basins that has hydrocarbon reserves located in Central Java. The high demand for oil and gas encourages exploration activities in the Banyumas Sub-Basin. This study aims to identify the structure and density distribution to determine the sub-basin based on the analysis of gravity data and geological data. The data used is secondary data in the form of Complete Bouguer Anomaly. Data processing method to separate anomalies using a moving average filter. Furthermore, derivative analysis was carried out using First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) to determine faults and geological boundaries of the study area. 2D modeling using oasis software montage features GM SYS with structural model results. 3D modeling using grablox software, bloxer, and oasis montage software produces a density distribution model. The processing results obtained a regional anomaly depth of 7,517.76 meters and a residual anomaly depth of 498.74 meters. Analysis of residual anomaly, FHD, and SVD Bouguer anomaly found faults with NE-SW trending in the eastern and central parts of the study area. The results of the derivative analysis obtained several faults which became the sub-basin boundary and the lithological boundary of the Alluvium (Qa), Halang Formation (Tmph), and Penosogan Formation (Tmpe). The structural model and density distribution describe the sub-basin area which is filled by the Halang Formation (Tmph) with a density of 2.5 gr/cc. Fault structure identification and modeling obtained 4 sub-basins in the study area, namely the Jeruklegi Sub-basin, the Sikampung Sub-Basin, the Kroya Sub-Basin, and the Nusawungu Sub-Basin. Confirmation is needed to determine the fault because only one SVD operator is used and the presence of sub-basins using magnetotelluric, microseismic, and seismic methods to determine the model of the subsurface structure.

Keywords: Density Distribution, Gravity, Structural Model, Sub sub-basin

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI SUB SUB-CEKUNGAN
BANYUMAS BERDASARKAN ANALISIS
DATA GAYABERAT**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Nurul**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815051031

Program Studi : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Ir. Muhammad Sarkowi, S.Si., M.Si. IPU
NIP. 19711210 199702 1001

I Gede Boy Darmawan, S. Si., M.Eng.
NIP. 19880505 201903 1019

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Karyanto, S.Si., M.T.
NIP. 19691230 199802 1001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Muhammad Sarkowi, S.Si., M.Si, IPU.

Sekretaris : I Gede Boy Darmawan, S. Si., M.Eng.

Anggota : Dr. Alimudin, S.Si., M.Si.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ۞
NIP. 19750928 200112 1002

Tanggal Ujian Skripsi : 19 Oktober 2022

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan.

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

Bandar Lampung, 7 November 2022



Muhammad Nurul

1815051031

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Nurul, dilahirkan di Rimbo Bujang pada tanggal 24 Mei 1999. Anak pertama dari tiga bersaudara pasangan dari Bapak Syafrizal dan Ibu Sumarti. Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Raudhatul Jannah di Rimbo Bujang diselesaikan pada tahun 2005, Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 40 Tabun diselesaikan pada tahun 2011, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 30 Tebo diselesaikan pada tahun 2014, Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Tebo diselesaikan pada tahun 2017. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Universitas Lampung Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Geologi Dasar, Geologi Struktur, Metode Gayaberat dan Kuliah Lapangan. Pada tahun 2020 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di jurusan Teknik Geofisika Unila dengan judul **“IDENTIFIKASI SUB SUB-CEKUNGAN HIDROKARBON DENGAN METODE GAYABERAT PADA SUB-CEKUNGAN BANDARJAYA LAMPUNG TENGAH”**. Penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana (Hima TG Bhuwana) Universitas Lampung sebagai Ketua Biro Kesekretariatan dan Rumah Tangga pada tahun 2021, *American Association of Petroleum Geologists* Universitas Lampung SC (AAPG Unila SC) sebagai wakil presiden dan anggota divisi *Public Relation* pada tahun 2021, Panitia HAGI *Guest Lecture* pada HAGI Wilayah 1 pada tahun 2020, panitia Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA) Tahun 2021, dan pada Seminar Nasional *Geophysict Whiz Event and Seminar* (GWES) Unila sebagai Kepala Kesekretariatan dan Rumah Tangga pada tahun 2021.

Pada akhir masa studi penulis melakukan penelitian untuk memperoleh gelar sarjana teknik dengan judul penelitian “ **IDENTIFIKASI SUB SUB-CEKUNGAN BANYUMAS BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT** ” yang dilakukan di Pusat Survei Geologi Bandung.

PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan pada Allah SWT atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik dan lancar. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

IBU DAN AYAH TERCINTA

Yang tiada hentinya memberikan kasih sayang, *support*, semangat, dan segala dukungan yang tidak terhingga.

ADIK-ADIK TERCINTA

Terima kasih atas segala doa, semangat dan dukungannya. Semoga adik bisa menjadi anak yang sukses dunia akhirat.

Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung

Semua yang terlibat dalam proses pembuatan skripsi ini, saya ucapkan terima kasih.

“Sometimes You Win Sometimes You Lose”

Coach Justin (Koci)

“Kebahagiaan Hanya untuk Orang yang Berani”

Coki Pardede

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“IDENTIFIKASI SUB SUB-CEKUNGAN BANYUMAS BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT”**. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selama penulisan Skripsi ini banyak sekali terdapat hambatan yang dialami. Namun berkat adanya bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak, hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan di dalam Skripsi ini terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya, serta bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 7 November 2022

Penulis,



Muhammad Nurul
NPM. 1815051031

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas rahmat dan karunia Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada suri tauladan Rasulullah Muhammad SAW beserta para sahabatnya dan kita selaku umatnya akhir zaman.

Skripsi ini berjudul **“IDENTIFIKASI SUB SUB CEKUNGAN BANYUMAS BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT”** merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Adapun dalam penyelesaian Skripsi ini, terdapat banyak pihak yang terlibat, yang mana pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu menjadi kebanggaan hidup penulis Bapak Syafrizal dan Ibu Sumarti yang telah banyak memberi dukungan, mencintai dan menyayangi dengan sepenuh hati.
2. Kedua adik tersayang Reza Silvia dan Geisha Aulia yang selalu memberikan semangat.
3. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Sarkowi, S.Si., M.Si, IPU. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan pengarahan dengan penuh kesabaran, kebaikan hati dan kesedian bapak dalam membimbing dan memberikan kritik, masukan serta motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Bapak I Gede Boy Darmawan, S.Si., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan pengarahan dengan penuh kesabaran,

kebaikan hati dalam membimbing dan memberikan kritik, masukan serta motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.

6. Bapak Dr. Alimudin, S.Si., M.Si. selaku penguji yang telah meluangkan waktunya, serta senantiasa memberikan saran dan masukan.
7. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang sudah memberikan arahan pengambilan matakuliah.
8. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak ilmu dan wawasan dan staf akademik Jurusan Teknik Geofisika.
9. Bapak Noor Muhammad Indragiri, S.T., M.T selaku pembimbing lapangan Pusat Survei Geologi.
10. Warga Kontrakan Pink Arnas, Tectona, Nanda, Joy, Aiz, Ikram, Farhan, Arsy, Taufiq, Andiko, yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
11. Teman seperjuangan selama melaksanakan skripsi Diki, Faradico, dan Annisa yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi, serta memberikan dukungan dan motivasi satu sama lain.
12. Keluarga Teknik Geofisika 2018 (TGasak) Masrul, Rindy, Okta, Rima, Pegit, Vivi, Annisa, Winona, Miftahul, Ledia, Sebrina, Mila, Arsy, Andiko, A'isyah, Wayan, Rafika, Sarah, Denta, As'ad, Supardi, Arnas, Alex, Julpan, Tektona, Pitry, Aprilia, Farhan, Taufiq, Berlian, Herlian, Suwandi, Ari, Fira, Luvi, Wulan, Naira, Fitri, Difa, Ikram, Dicky, Joy, Budzar, Novia, Faradico, Retno, Aiz, dan Ade yang telah banyak memberikan semangat, yang menjadi tempat keluh kesah, berbagi beban bersama, menjalani dunia perkuliahan bersama dan telah memberikan dukungan selama ini. Terimakasih atas kenangan yang selama ini kita buat bersama. Kalian tidak akan terlupakan. Semoga kita semua sukses selalu.
13. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan terima kasih banyak.
14. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.*

Bandar Lampung, 7 November 2022

Penulis,



Muhammad Nurul

NPM. 1815051031

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
PERSETUJUAN.....	v
PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian	4
2.2. Geologi Regional	4
2.3. Fisiografi	9
2.4. Geomorfologi	10
2.5. Stratigrafi	11
2.6. Cekungan dan Sub-cekungan.....	15
2.7. <i>Petroleum System</i>	21

III. TEORI DASAR.....	26
3.1. Metode Gayaberat.....	26
3.2. Konsep Dasar Gayaberat.....	26
3.2.1. Gayaberat Newton.....	26
3.2.2. Percepatan Gayaberat.....	27
3.2.3. Potensial Gayaberat.....	28
3.3. Anomali <i>Bouguer</i>	29
3.4. Analisis Spektrum.....	30
3.5. Filter <i>Moving Average</i>	33
3.6. <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD).....	34
3.7. <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD).....	35
3.8. <i>Forward Modelling 2D</i>	37
3.9. <i>Inverse Modelling 3D</i>	39
IV. METODE PENELITIAN.....	42
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
4.2. Alat dan Bahan.....	44
4.3. Prosedur Penelitian	44
4.4. Diagram Alir	46
V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
5.1. Anomali <i>Bouguer</i> Lengkap.....	48
5.2. Penentuan Zona Kedalaman Anomali Regional dan Anomali Residual	49
5.3. Pemisahan Anomali Regional dan Anomali Residual	55
5.3.1. Anomali Regional	55
5.3.2. Anomali Residual.....	56
5.4. Identifikasi Struktur Patahan.....	57
5.4.1. <i>First Horizontal Derivative</i>	57
5.4.2. <i>Second Vertical Derivative</i>	58
5.5. Analisis Derivative.....	60
5.6. <i>Forward Modelling 2D</i>	64
5.7. <i>Inverse Modelling 3D</i>	69
5.7.1. Kompilasi Model Struktur Bawah Permukaan Hasil Pemodelan <i>Forward</i> dan Model <i>Slicing 3D</i> Penampang <i>Inverse Modelling</i> Lintasan 1	70

5.7.2. Kompilasi Model Struktur Bawah Permukaan Hasil Pemodelan <i>Forward</i> dan Model <i>Slicing</i> 3D Penampang <i>Inverse Modelling</i> Lintasan 2.....	71
5.7.3. Kompilasi Model Struktur Bawah Permukaan Hasil Pemodelan <i>Forward</i> dan Model <i>Slicing</i> 3D Penampang <i>Inverse Modelling</i> Lintasan 3.....	72
5.7.4. Kompilasi Model Struktur Bawah Permukaan Hasil Pemodelan <i>Forward</i> dan Model <i>Slicing</i> 3D Penampang <i>Inverse Modelling</i> Lintasan 4.....	73
5.8. Geodinamika dan Topografi Daerah Penelitian.....	75
5.9. Geodinamika dan Anomali Residual Daerah Penelitian.....	76
5.10. Identifikasi Sub Sub-Cekungan Daerah Penelitian.....	78
VI. KESIMPULAN	80
6.1. Kesimpulan	80
6.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta lokasi daerah penelitian	5
2. Peta geologi daerah penelitian	8
3. Peta fisiografi Jawa Tengah	9
4. Stratigrafi Lembar Banyumas	15
5. Peta Sub-Cekungan Banyumas dan geologi regional	16
6. Gambaran paleogeografi umur Kapur Akhir-Eosen Tengah dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas	17
7. Gambaran paleogeografi umur Eosen Tengah - Oligosen Akhir dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas	18
8. Gambaran paleogeografi umur Oligosen Akhir – Miosen Awal dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas	18
9. Gambaran paleogeografi umur Miosen Awal – Miosen Tengah dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas	19
10. Gambaran paleogeografi umur Miosen Tengah-Pliosen (kiri) dan kolom stratigrafi Sub- Cekungan Banyumas	20
11. Gambaran paleogeografi umur Pliosen - Pleistosen dan kolom stratigrafi Sub- Cekungan Banyumas	20
12. <i>Petroleum system</i> daerah penelitian	23
13. Gaya tarik menarik antara dua buah benda	27
14. Kurva $\ln A$ terhadap K	33
15. Hasil pemodelan analitik turunan gravitasi horizontal untuk model benda pelat tegak	35
16. Respon analisis SVD pada struktur geologi	37
17. Efek benda bentuk poligon anomali Gayaberat	39
18. Diagram alir penelitian.....	47

19. Peta anomali <i>Bouguer</i> lengkap daerah penelitian	49
20. Peta lintasan analisis spektrum daerah penelitian	50
21. Kurva LnA vs K lintasan 1	51
22. Kurva LnA vs K lintasan 2	51
23. Kurva LnA vs K lintasan 3	52
24. Kurva LnA vs K lintasan 4	52
25. Kurva LnA vs K lintasan 5	53
26. Peta anomali regional daerah penelitian	56
27. Peta anomali residual daerah penelitian	57
28. Peta <i>first horizontal derivative</i> daerah penelitian	58
29. Peta <i>second vertical derivative</i> daerah penelitian	59
30. Peta lintasan <i>derivative</i> dari anomali residual	60
31. Kurva analisis <i>derivative</i> lintasan 1	61
32. Kurva analisis <i>derivative</i> lintasan 2	62
33. Kurva analisis <i>derivative</i> lintasan 3	63
34. Kurva analisis <i>derivative</i> lintasan 4	64
35. Hasil <i>forward modelling</i> lintasan 1	65
36. Hasil <i>forward modelling</i> lintasan 2	66
37. Hasil <i>forward modelling</i> lintasan 3	67
38. Hasil <i>forward modelling</i> lintasan 4	68
39. Inisiasi model <i>inverse modelling</i> 3D dari Grablox	69
40. Model <i>inverse modelling</i> 3D dari Oasis Montaj	70
41. (a) profil anomali residual pada lintasan 1; (b) Model bawah permukaan pada lintasan 1 hasil <i>forward modelling</i> ; dan (c) Model bawah permukaan pada lintasan 1 hasil <i>inverse modelling</i>	71
42. (a) profil anomali residual pada lintasan 2; (b) Model bawah permukaan pada lintasan 2 hasil <i>forward modelling</i> ; dan (c) Model bawah permukaan pada lintasan 2 hasil <i>inverse modelling</i>	72
43. (a) profil anomali residual pada lintasan 3; (b) Model bawah permukaan pada lintasan 3 hasil <i>forward modelling</i> ; dan (c) Model bawah permukaan pada lintasan 3 hasil <i>inverse modelling</i>	73

44. (a) profil anomali residual pada lintasan 4; (b) Model bawah permukaan pada lintasan 4 hasil <i>forward modelling</i> ; dan (c) Model bawah permukaan pada lintasan 4 hasil <i>inverse modelling</i>	74
45. Penampang <i>slice inverse modelling</i> 3D pada keempat lintasan.....	75
46. Peta topografi <i>overlay</i> dengan geodinamika	76
47. Hubungan anomali residual dengan geodinamika dan identifikasi patahan dari SVD.....	77
48. Peta sub sub-cekungan dari anomali residual daerah penelitian	79

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai densitas batuan	29
2. Operator filter SVD.....	36
3. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian.....	47
4. Kedalaman anomali regional dan anomali residual	54
5. Bilangan gelombang dan lebar jendela	55

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cekungan sedimen merupakan suatu depresi yang menjadi tempat berkumpulnya endapan sedimen yang berperan sebagai wadah pengendapan dalam kurun waktu yang sangat lama. Cekungan sedimen juga menjadi tempat terakumulasinya cadangan minyak dan gas bumi, dimana sekarang kebutuhan minyak dan gas yang tinggi mendorong kegiatan eksplorasi. Salah satu cekungan yang memiliki potensi cadangan minyak dan gas adalah Sub-Cekungan Banyumas dimana dibuktikan terdapat beberapa lokasi rembesan minyak dan rembesan gas. Adanya rembesan-rembesan mengindikasikan adanya sistem hidrokarbon yang aktif di daerah ini. Rembesan-rembesan minyak dan gas ini mengikuti jalur patahan dextral Pamanukan – Cilacap yang berarah tenggara – barat laut (Satyana, 2007).

Daerah Sub-Cekungan Banyumas telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh Hidayat dkk (2020) dengan metode Gayaberat untuk mengetahui struktur geologi berupa patahan dan lipatan di sekitar area antiklin Cipari. Selain itu terdapat penelitian oleh Junursyah dkk (2019) dengan metode magnetik untuk mendeleniasi sub cekungan di daerah Sub-Cekungan Banyumas. Purwasatriya dan Waluyo (2011) melakukan penelitian dengan metode geolistrik untuk mendapatkan model geologi bawah permukaan pada rembesan gas Jatilawang. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan didapatkan adanya potensi hidrokarbon dan sub sub-cekungan pada Sub-Cekungan Banyumas. Maka penulis bermaksud melakukan penelitian lebih lanjut dengan berfokus pada sub sub-cekungan dari Sub-Cekungan Banyumas bagian selatan dengan metode gayaberat.

Gayaberat merupakan salah satu metode yang dilakukan berdasarkan pada anomali gayaberat yang muncul karena adanya variasi nilai gayaberat. Variasi gayaberat di

permukaan bumi tersebut dapat disebabkan oleh adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan, jenis batuan di bawah permukaan, perbedaan jarak permukaan bumi ke pusat bumi dan adanya perbedaan topografi di permukaan bumi.

Dengan melakukan penelitian menggunakan metode gayaberat diharapkan dapat diketahui struktur bawah permukaan sub sub-cekungan berdasarkan pemodelan *forward modelling* 2D dan *inverse modelling* 3D. Penelitian ini sebagai data atau informasi awal mengenai gambaran struktur bawah permukaan yang terdapat pada sub sub-cekungan di Sub-Cekungan Banyumas.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengestimasi kedalaman anomali regional dan kedalaman anomali residual daerah penelitian.
2. Menganalisis struktur patahan berdasarkan anomali residual, analisis *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative* (SVD).
3. Mendapatkan model struktur dan distribusi densitas bawah permukaan berdasarkan *forward modelling* 2D dan *inverse modelling* 3D data gayaberat.
4. Mengidentifikasi sub sub-cekungan Banyumas berdasarkan hasil identifikasi struktur patahan dan pemodelan gayaberat.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder gayaberat berupa data Anomali *Bouguer* Lengkap (ABL) yang diukur oleh Pusat Survei Geologi, Badan Geologi Kementerian ESDM.
2. Pemisahan anomali *Bouguer* lengkap menggunakan filter *moving average*.
3. Pemodelan yang dilakukan menggunakan *forward modelling* 2D dan *inverse modelling* 3D yang korelasikan dengan *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative* (SVD).

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini:

1. Memberikan informasi mengenai gambaran geologi pada daerah penelitian berdasarkan data gayaberat.
2. Mengetahui sistem patahan daerah penelitian dari analisis *first horizontal derivative* (FHD), *second vertical derivative* (SVD), *forward modelling* 2D, dan *inverse modelling* 3D.

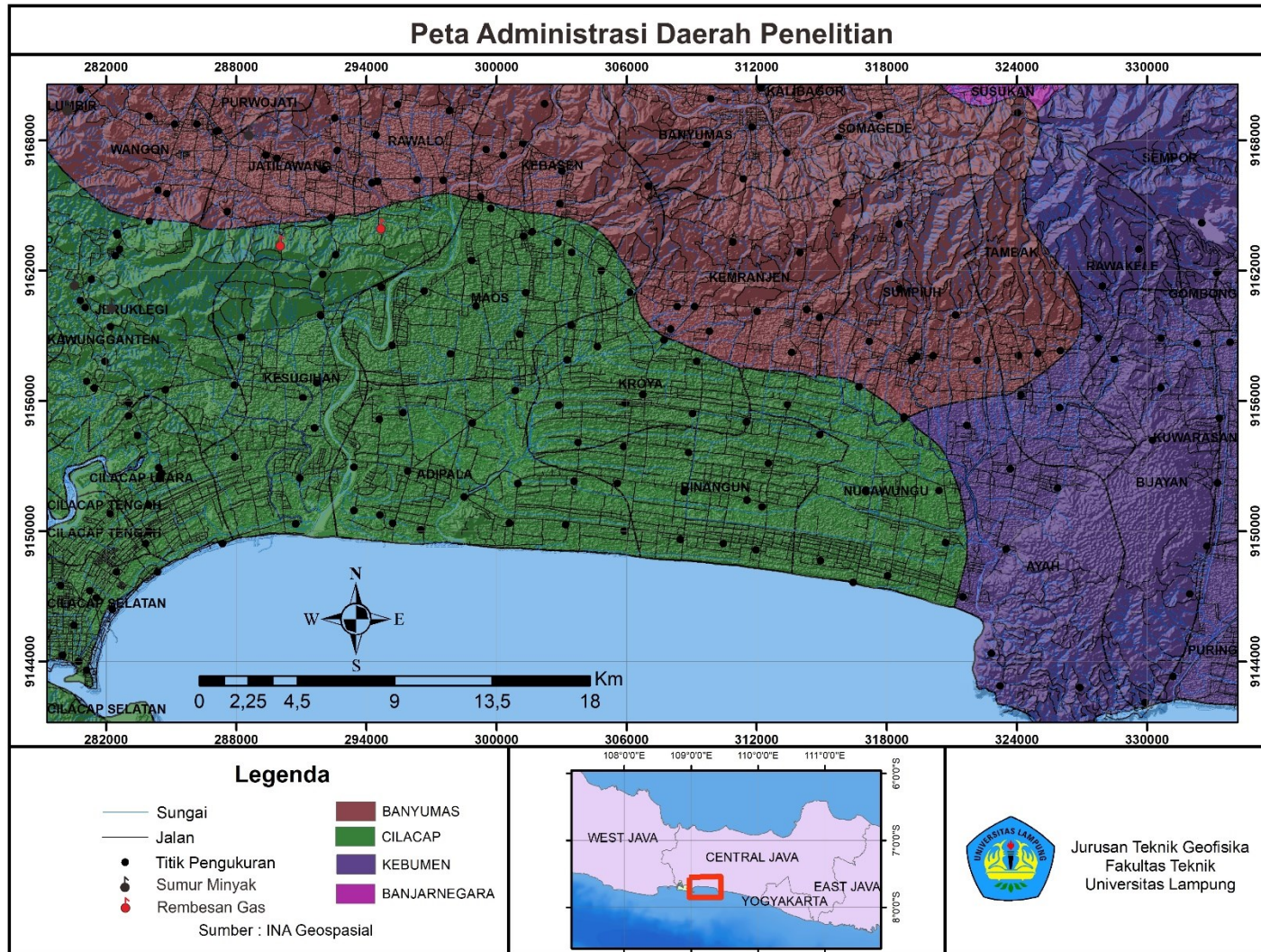
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi daerah penelitian terletak di Kabupaten Cilacap, Kebumen, dan Banyumas Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis daerah penelitian terletak di $109^{\circ}00'18''$ sampai $109^{\circ}29'23''$ BT dan $7^{\circ}29'45''$ sampai $7^{\circ}48'02''$ LS. Lokasi penelitian bagian selatan dibatasi oleh Laut Jawa Selatan, bagian utara dibatasi oleh Kabupaten Banyumas bagian barat dibatasi oleh Kabupaten Kebumen, dan bagian timur dibatasi oleh Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. Lokasi daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

2.2. Geologi Regional

Secara geologi wilayah penelitian yang masuk dalam cakupan pesisir Cilacap terbentuk dari beberapa formasi batuan beku dan sedimen (aluvium) yang menutupi sebagian besar wilayah bagian barat hingga selatan (Simandjuntak dan Surono, 1992). Menurut Asikin dkk., (1992) secara geologis daratan di Kabupaten Cilacap, Kebumen, dan Banyumas terdiri atas Formasi Tapak, Formasi Halang, dan Formasi Halang yang sebagian besar tertutup oleh endapan aluvium yang cukup tebal. Daerah penelitian terdiri atas batuan dasar dari Formasi Tapak yang sebagian besar juga tertutup oleh endapan aluvium dan endapan aluvium pantai. Endapan aluvium yang menempati bagian utara daerah penelitian terdiri atas lanau, lempung, pasir, kerikil, kerakal; serta material batuan hasil erosi Pegunungan Karangbolong yang diendapkan melalui aliran beberapa sungai ke daerah tersebut.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

Endapan aluvium pantai terdapat pada bagian selatan daerah penelitian yang terdiri atas pasir yang terpilah baik sampai sedang. Di sebelah barat serta timur daerah penelitian tepatnya di Pegunungan Karangbolong muncul Formasi Gabon yang tersusun atas breksi andesit, tuff, batu pasir kasar, lapili, lava, dan endapan lahar yang telah terubah. Formasi ini terletak paling bawah dari seluruh formasi batuan di daerah penelitian dan banyak ditemui intrusi batuan beku andesit (Asikin dkk., 1992).

Gambaran struktur geologi di daerah Sub-Cekungan Banyumas tersusun atas tiga arah utama, yakni Struktur Gabon - Nusakambangan yang berarah barat laut – tenggara dimana terdapat lipatan yang terbentuk pada umumnya tidak simetris dengan lereng landai. Selain lipatan terdapat sesar yang terbentuk pada umumnya berupa sesar normal di kedua sisi antiklin dan sesar naik. Struktur Cipari - Gunung Wetan memiliki arah barat laut – tenggara dimana terdapat sesar dan lipatan diantaranya Antiklin Gunung Wetan berarah barat - timur dan Antiklin Pasren yang memiliki arah barat laut – timur tenggara. Struktur ge-antiklin Serayu Selatan dimana terdiri atas *disturbed zone* dan ge-antiklin berarah barat - timur. *Disturbed zone* dapat dicirikan oleh sesar normal dan sesar naik berarah barat laut - tenggara dan timur laut – barat daya serta beberapa sesar mendatar.

Sejarah pengendapan batuan yang ada di daerah penelitian tidak terlepas dari tektonik Pulau Jawa dan tumbukan antara Lempeng Benua Asia Tenggara dan Lempeng Hindia-Australia pada umur Kapur akhir atau Tersier Awal. Pembentukan batuan sedimen berkaitan dengan pembentukan cekungan sebagai wadah dari endapan sedimen yang erat kaitannya dengan lingkungan pengendapan dan sumber dari batuan yang diendapkan. Selama umur Paleosen Tengah dan Akhir terjadi pendesakan (*thrusting*) dari lempeng Indo Australia dari selatan yang mengarah ke utara. Hasil pendesakan menghasilkan kompresi, blok penyesaran, dan pengangkatan di selatan Serayu Utara. Kompresi yang terjadi menghasilkan pasangan kekar - kekar gerus utama (*conjugate set of primary shear fractures*) yang akan mengontrol letak aktivitas vulkanik. Pada akhir Paleosen kompresi mulai berkurang sehingga menyebabkan terjadinya penurunan (*subsidence*). Pada kala

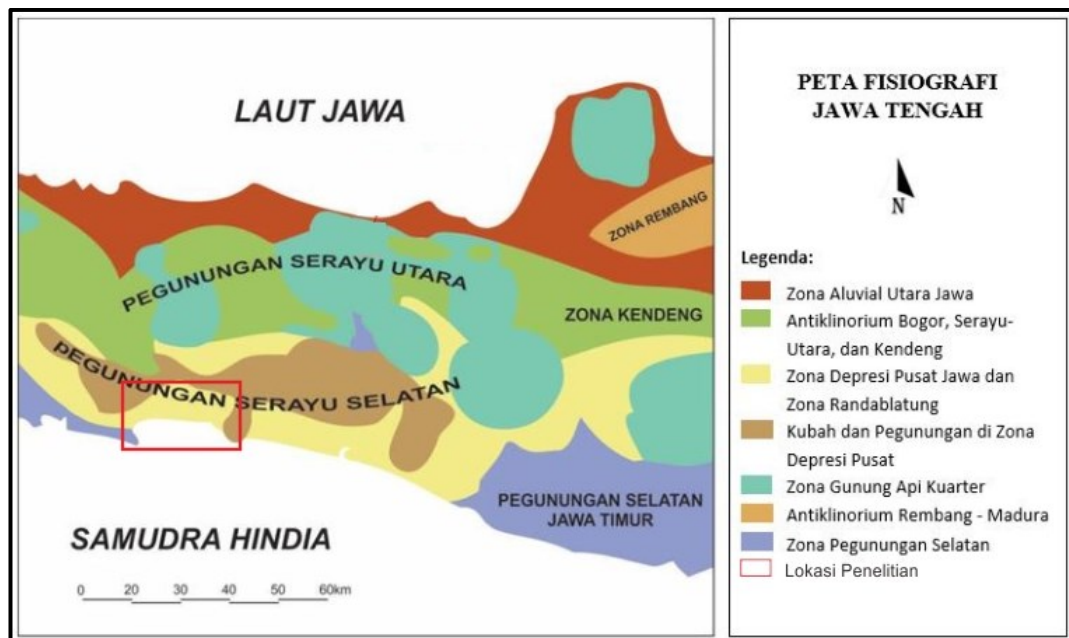
Eosen terdapat endapan laut dangkal pada bagian sedimen Paleosen Awal yang telah tererosi. Selama Oligosen terjadi penurunan muka air laut yang menyebabkan erosi pada blok yang paling tinggi dan terendapkan material erosi ini di blok yang lebih rendah (Ratman dalam Putra dkk., 2007).

Menurut Martono (1992), gejala tektonik tertua yang terdapat di daerah ini merupakan proses pembentukan batuan Paleogen, yang diduga berlangsung sampai Oligosen. Terjadinya perkembangan tektonik yang melibatkan berbagai jenis batuan, termasuk sedimen yang sedang dalam proses pengendapan, memberikan kesan bahwa batuan Paleogen tersebut terbentuk di dalam zona penunjaman (subduksi). Menurut Van Bemmelen (1949), pada Oligosen – Miosen, ge-antiklin bagian utara mengalami penurunan yang terjadi akibat naiknya ge-antiklin bagian selatan. Penurunan ini terjadi sampai intra Miosen Tengah, saat itu terjadi reaksi gravitasional yang menyebabkan ge-antiklin.

2.3. Fisiografi

Berdasarkan bentuk fisiografinya, Jawa Tengah dapat dibagi menjadi 6 zona fisiografi (Van Bemmelen, 1949) yaitu : 1. Zona Dataran Aluvial Pantai Utara Jawa, 2. Gunung Api Kuarter, 3. Zona Antiklinorium Bogor, Serayu Utara, Kendeng, 4. Pematang dan Kubah Pada Pusat Depresi, 5. Zona Depresi Jawa dan Zona Randublatung, dan 6. Pegunungan Selatan.

Daerah penelitian masuk kedalam zona depresi Jawa Tengah yang berupa punggung - punggung dan zona ini menempati bagian tengah hingga selatan Jawa Tengah. Zona Depresi Jawa Tengah memiliki gambaran morfologi yang relatif landai dengan ketinggian maksimum tidak lebih dari 100 m di atas permukaan laut. Sebagian merupakan dataran pantai dengan lebar 10 km sampai 25 km. Pegunungan Serayu Selatan terletak di antara Zona Depresi Jawa Tengah yang membentuk kubah dan punggung yang memanjang di sepanjang pantai selatan Jawa membentuk morfologi pantai yang terjal. Fisiologi daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Peta fisiografi Jawa Tengah (modifikasi Van Bemmelen, 1949).

2.4. Geomorfologi

Secara morfogenesis yang didasarkan pada pembentukan bentang alam seperti struktur, proses, dan tahapannya daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga satuan geomorfologi yaitu:

2.4.1. Satuan Geomorfologi Perbukitan Lipat Patahan

Satuan geomorfologi perbukitan lipat patahan merupakan morfologi yang dikontrol oleh struktur lipatan dan patahan. Satuan batuan yang merupakan penyusun pada satuan geomorfologi ini adalah satuan batu pasir selang – seling batu lempung sisipan breksi dan satuan batu lempung sisipan batu pasir. Satuan geomorfologi ini berada pada elevasi antara 75 – 250 mdpl dengan besar kelerengan berkisar antara 10% - 45%. Geomorfologi ini dicirikan pada bentuk morfologi dengan gambaran bukit yang memanjang searah dengan jurus lapisan batuan. Pada beberapa tempat dapat ditemui bukit serta gawir – gawir hasil sesar. Pada satuan ini terjadi proses – proses geomorfologi berupa tanah hasil proses pelapukan batuan dengan ketebalan tanahnya berkisar antara 20 cm – 2 m, dan bentuk bentang alam berupa alur-alur, *gully* dan lembah hasil proses erosi (denudasi).

2.4.2. Satuan Geomorfologi Perbukitan Gunungapi

Pembentukan satuan geomorfologi perbukitan gunungapi merupakan hasil pengendapan produk gunungapi berupa breksi gunungapi yang dicirikan oleh bentuk morfologi perbukitan yang dibatasi oleh lereng atau gawir yang terjal. Secara morfometri satuan ini berada pada ketinggian 180 - 275 mdpl dengan sudut lereng terjal sampai sangat terjal. Proses-proses geomorfologi yang terjadi pada satuan geomorfologi ini adalah pelapukan batuan berupa tanah dengan ketebalan berkisar antara 20 cm – 1 m dan bentuk bentang alam berupa alur-alur (*ravine*) hingga saluran (*gully*) sebagai hasil proses erosi. Jentera geomorfik satuan ini dapat dimasukkan dalam stadia muda, hal ini didasarkan pada bentuk-bentuk morfologi yang belum mengalami perubahan, dengan adanya bentuk morfologi berupa alur-alur (*revine*) dan saluran-saluran (*gully*) dan relief topografinya masih bertekstur halus.

2.4.3. Satuan Geomorfologi Dataran Aluvial

Pembentukan satuan geomorfologi dataran aluvial terjadi dari hasil pengendapan material – material lepas yang dipindahkan oleh sungai. Morfometri satuan geomorfologi ini berada pada ketinggian antara 5 – 50 meter di atas permukaan laut, memiliki kelerengan 0% - 2%. Gambaran morfologi berupa dataran dengan material penyusunya yakni material lepas yang memiliki ukuran lempung hingga bongkah. Proses-proses geomorfologi yang terjadi pada satuan ini berupa erosi dan sedimentasi dimana proses tersebut terus berlangsung hingga saat ini sehingga jentera geomorfik satuan geomorfologi dataran aluvial berada pada tahap muda.

2.5. Stratigrafi

Secara umum urutan stratigrafi daerah penelitian adalah sebagai berikut:

2.5.1. Aluvium (Qa)

Endapan aluvium yang dominan pada bagian utara daerah penelitian tersusun atas lanau, lempung, pasir, kerikil, kerakal; serta material batuan hasil erosi Pegunungan Karangbolong yang tersedimentasi melalui aliran beberapa sungai ke daerah tersebut. Adapun endapan aluvium pantai yang dominan pada bagian selatan daerah penelitian terdiri atas pasir yang terpilah baik – sedang dan sangat lepas yang menggambarkan kesan perlapisan dimana ditemukan sumberdaya bahan galian berupa pasir besi (Herman, 2005).

2.5.2. Formasi Tapak (Tpt)

Formasi Tapak tersusun atas napal, batu lempung dan batu pasir yang tersedimentasi pada wilayah lingkungan laut dangkal sampai pantai. Umur pada Formasi Tapak berdasarkan kandungan dari fosil foraminiferanya adalah akhir Pliosen Awal – Pliosen Tengah. Keberadaan *Foraminifera Operculina* dan *Cycloclypeus* serta *Lepidocyclina cf. Trybliolepidina rutteni f. stellata Scheffen* yang menandai umur Pliosen terdapat pada Formasi Tapak. Sedimen Formasi Tapak dapat ditemukan tersingkap dengan baik diantaranya di Kedung Randu, Patikraja Banyumas (Bachri, 2017).

2.5.3. Formasi Halang (Tmph)

Formasi Halang tersusun atas perselingan napal, tufa, batu pasir, batu lempung, dan sedikit sisipan breksi. Formasi Halang terbentuk dari kumpulan sedimen turbidit dengan sifat distal sampai proksimal pada bagian bawah dan tengah kipas bawah laut dimana berumur *Miocene* Akhir – *Pliocene*. Pada bagian bawah tersusun dari batu pasir gampingan dengan sisipan napal dan breksi dengan batu pasir memiliki warna kelabu, kekuningan, kecoklatan, padat, dan berlapis. Pada bagian tengah terdiri dari perselingan napal dan batu pasir gampingan dengan sisipan breksi, kalkarenit, dan tuf. Pada bagian atas satuan didominasi oleh napal, batu lanau, batu pasir gampingan, bersisipan tuf, dan batu pasir breksian/ konglomeratan (Bachri, 2017).

2.5.4. Formasi Rambatan (Tmp)

Formasi Rambatan memiliki umur Miosen Tengah yang tersusun atas konglomerat dan batu pasir gampingan yang bersisipan dengan lapisan napal tipis dan serpih yang berada pada bagian bawah satuan. Sedangkan bagian atas Formasi Rambatan tersusun dari batu pasir gampingan berwarna kelabu terang sampai kebiruan dengan kandungan kepingan andesit. Formasi ini terbentuk menindih selaras dengan Formasi Pemali yang memiliki ketebalan lebih dari 300 meter. Formasi Rambatan yang muncul dan tersingkap pada beberapa tempat berbentuk struktur antiklin dengan masing-masing sayap dengan kemiringan terjal dengan sudut $>30^\circ$. Formasi ini merupakan struktur antiklin yang berarah relatif barat – timur dengan penunjaman ke arah barat. Secara lokal ditemukan beberapa struktur berupa kekar, lipatan, sesar, dan sinklin minor (Tobing, 2002).

2.5.5. Formasi Pamutuan (Tmpa)

Formasi Pamutuan memiliki umur Miosen Awal yang muncul dan tersingkap di bagian selatan Nusa Kambangan. Formasi Pamutuan tersedimentasi secara tidak selaras di atas Formasi Gabon dimana tersusun dari litologi berupa napal, tuf, batu pasir, batu lempung, dan batu gamping (Simandjuntak dan Surono, 1992).

2.5.6. Formasi Penosogan (Tmpe)

Formasi Penosogan terbentuk selaras diatas Formasi Waturanda dengan litologi tersusun dari perselingan napal, tufa, batu pasir, batu lempung, dan kalkarenit. Formasi Penosogan sendiri berumur *Miocene* Awal – *Miocene* Tengah. Pada bagian bawah formasi ini tersusun atas batu pasir *wake* dengan warna kelabu kecoklatan, setempat gampingan, dan berbutir kasar sampai halus. Komponen terdiri dari kepingan gampingan, *feldspar*, piroksen atau mineral dan kaca. Semakin ke atas terdapat komponen batu lempung batu pasir dan pecahan koral berukuran kerikil. Bagian tengah terdiri dari napal dan kalkarenit dengan sisipan tuf. Komponen kalkarenit pada umumnya berupa kepingan cangkang *foraminifera* dan koral, menyudut sampai membundar tangungterekat oleh kalsit. Dibagian ini masih terdapat sisipan batu pasir kasar dan kerikilan; makin ke atas lapisannya berangsur menipis. Pada bagian atas formasi ini tersusun atas tuf kaca berselingan dengan napal tufan dengan sisipan tipis kalkarenit yang banyak terdapat di bagian atas (Bachri, 2017).

2.5.7. Formasi Kalipucang (Tmk)

Formasi Kalipucang tersedimentasi dan terbentuk pada umur Miosen Tengah dan tersingkap di Nusa Kambangan bagian utara. Formasi ini tersusun oleh batu gamping koral dan batu gamping yang bercampur dengan lempung berwarna kelabu (Simandjuntak dan Surono, 1992).

2.5.8. Formasi Waturanda (Tmw)

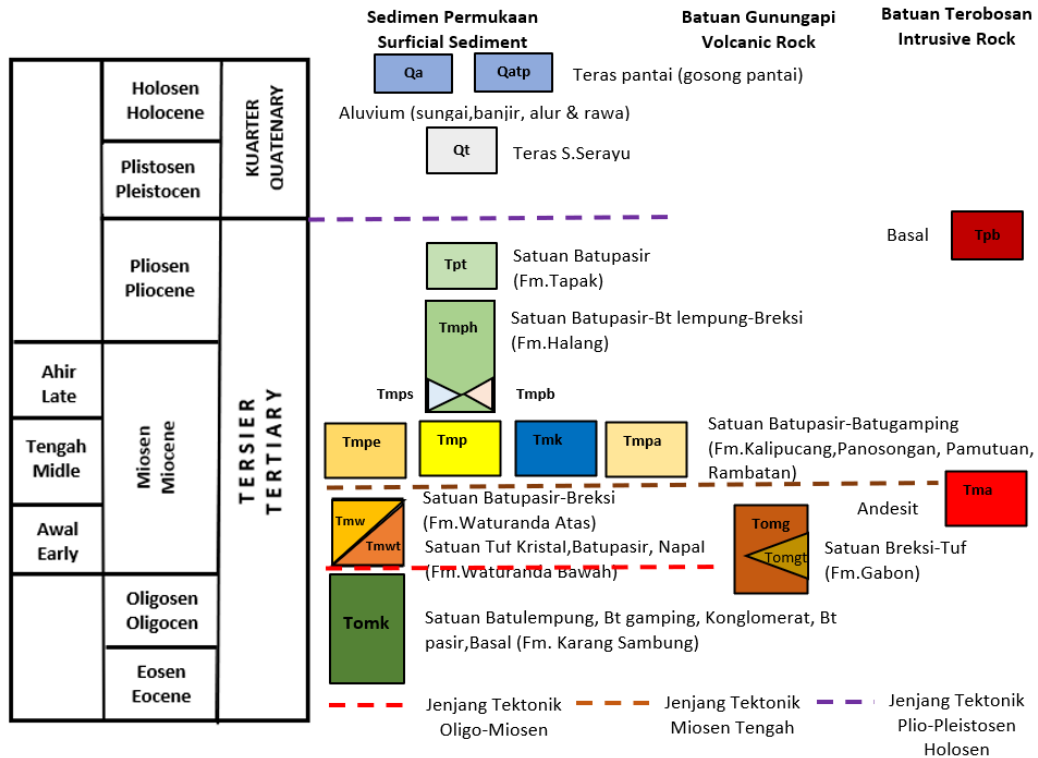
Formasi Waturanda tersusun atas litologi berupa breksi vulkanik dan batu pasir vulkanik yang memiliki umur *Miocene* Awal – *Miocene* Tengah. Pada bagian formasi ini tersusun atas batu pasir *wake* dengan warna hitam kecoklatan, pejal atau berlapis dengan tebal 2 cm – 100 cm, dan berbutir kasar dan kerikilan. Komponen tersusun atas *feldspar*, piroksen, lempung, dan kepingan batuan dengan piroksen yang cukup menonjol. Pada bagian atas Formasi Waturanda tersusun atas breksi gunung api dengan sisipan tuf gampingan, batu pasir *wake*, dan batu lempung. Breksi gunung api sendiri memiliki komponen andesit dan basal. Komponen warna kelabu tersusun atas plagioklas, *hornblend* dan mika (Bachri, 2017).

2.5.9. Formasi Gabon (Tomg)

Formasi Gabon tersusun atas litologi berupa breksi dengan komponen andesit, bermassa dasar tuf dan batu pasir kasar, setempat tuf lapili, lava, dan endapan lahar umumnya berubah pada umur Oligosen Akhir – Miosen Awal (Simandjuntak dan Surono, 1992).

2.5.10. Formasi Karangsambung (Teok)

Formasi Karangsambung terbentuk adanya endapan olistostrom akibat longsoran pada endapan sedimen yang belum mampat dan berlangsung pada lereng parit di bawah pengaruh endapan turbidit. Formasi Karangsambung adalah sedimen *pond* dan tersedimentasi di atas Bancuh Lukulo. Formasi Karangsambung tersusun atas lempung abu-abu, serpih, konglomerat polimik, dan beberapa lensa batu gamping foraminifera besar. Pada Formasi Karangsambung terbentuk ketidakselarasan dengan batuan Pra Tersier yakni pada umur *Eocene – Oligocene*. Batu lempung merupakan masa dasar Formasi Karangsambung yang memiliki warna kelabu sampai kelabu kehitaman. Pada bagian bawah Formasi Karangsambung batu lempung berwarna kelabu kehitaman, tidak berlapis, dan mengandung bongkahan beranekaragam. Pada bagian tengah Formasi Karangsambung batu lempung terabak kurang kuat semakin banyak perlapisan dan bersisipan batu lanau dan batu pasir. Pada bagian atas Formasi Karangsambung terdapat perlapisan yang tampak jelas dan batu lempungnya tidak tebakar. Serta terdapat perselingan napal, tuf, dan batu lempung (Simandjuntak dan Surono, 1992).



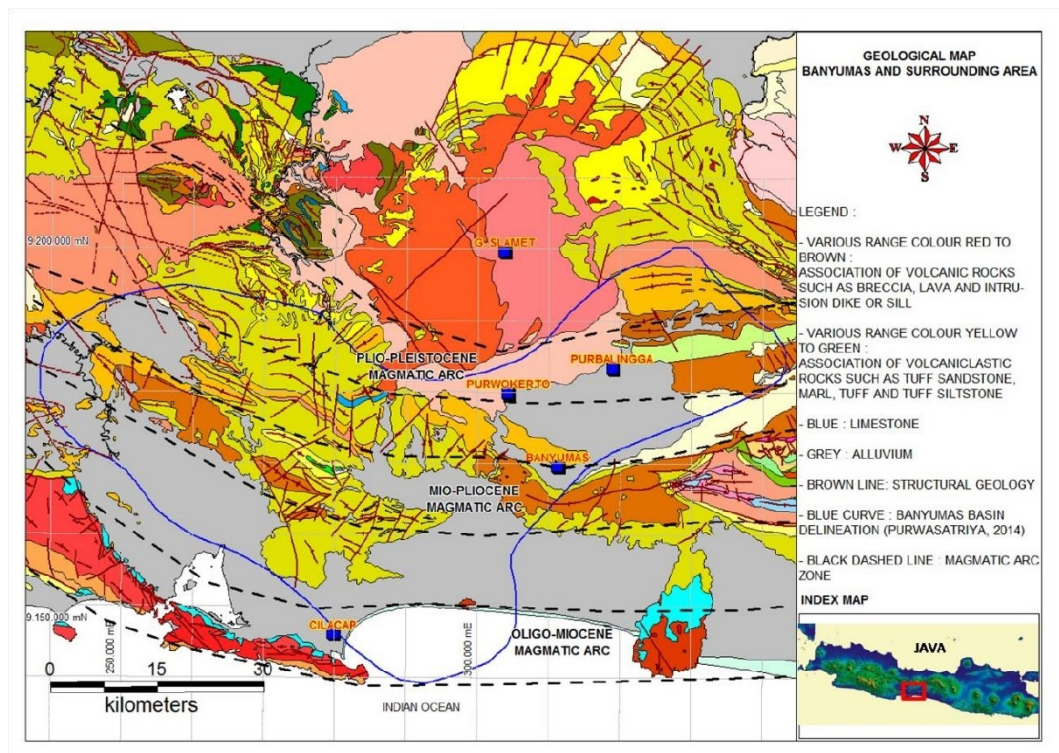
Gambar 4. Stratigrafi Lembar Banyumas (Asikin dkk., 1992).

2.6. Cekungan dan Sub-cekungan

Cekungan sedimen adalah tempat yang memiliki bentuk cekungan menjorok kedalam dan lebih rendah dari sekelilingnya yang terbentuk pada kerak bumi. Cekungan sedimen ini merupakan tempat terbentuknya *petroleum system*. Cekungan sedimen menjadi tempat sedimen yang berasal dari laut, danau, sungai, delta, pantai diendapkan (Dickinson, 1993). Untuk eksplorasi minyak dan gas yang dilakukan adalah pencarian cekungan sedimen dikarenakan minyak dan gas terbentuk dan terakumulasi pada cekungan sedimen.

Pengendapan pada cekungan Tersier dikendalikan sedikit banyaknya oleh perlipatan berkelanjutan dari Jawa Ge-antiklin dan relatif stabil setelah oligosen. Sub-Cekungan Banyumas secara umum merupakan cekungan laut dangkal dengan sedikit paparan sedimen yang diendapkan. Hanya selama akhir dari miosen Tengah hingga Pliosen Bawah pada Besuki High dan Depresi dari Majenang Wangon, sebuah sekuen turbidit terbentuk ketika sebuah cekungan berkembang pada pengangkatan Majenang. selama sedimentasi, Gabon hingga selatan

terintendenkan tinggi ketika bukit-bukit karang lokal terbentuk juga aktif sebagai sumber sedimentasi.



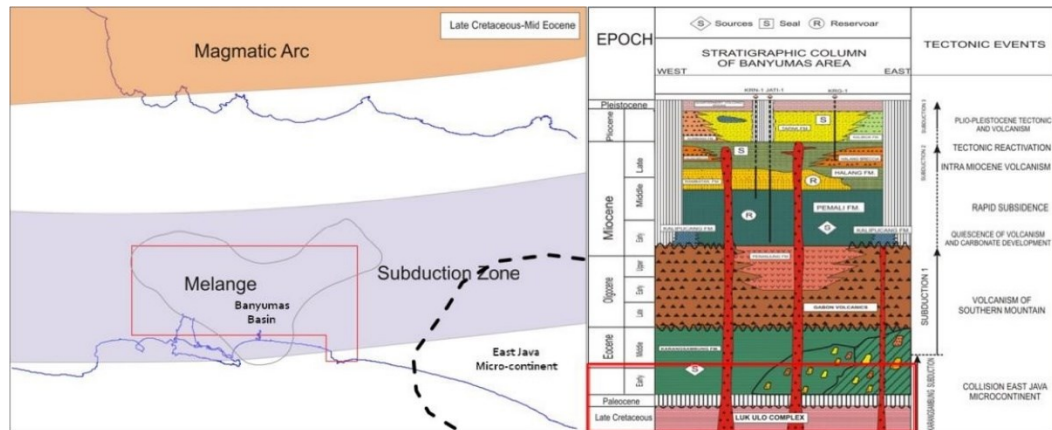
Gambar 5. Peta Sub-Cekungan Banyumas dan geologi regional (Purwasatriya dkk., 2017).

Sejarah geologi pembentukan Sub-Cekungan Banyumas dibedakan berdasarkan tahapan – tahapan utama kejadian geologi yang penting dalam pembentukannya.

2.6.1. Kapur Akhir – Eosen Tengah

Pada rentang waktu ini merupakan kejadian pembentukan zona subduksi antara lempeng samudera Indo-Australia dengan lempeng benua *Sundaland*. Wilayah lingkungan pengendapan berupa laut dalam dengan tipe endapan berupa kompleks Melange akibat aktivitas tektonik yang aktif. Sub-Cekungan Banyumas sendiri belum terbentuk secara jelas pada batas – batasnya akan tetapi *accommodation space* sudah terbentuk yakni berupa lingkungan laut dalam. Pada Mikro-kontinen Jawa Timur bergerak menumbuk pada Paleosen yang mengakibatkan jalur subduksi Meratus dengan arah barat daya – timur laut menjadi tidak bergerak. Pergerakan ini membuat jalur subduksi baru yaitu jalur subduksi Jawa yang berarah relatif barat-

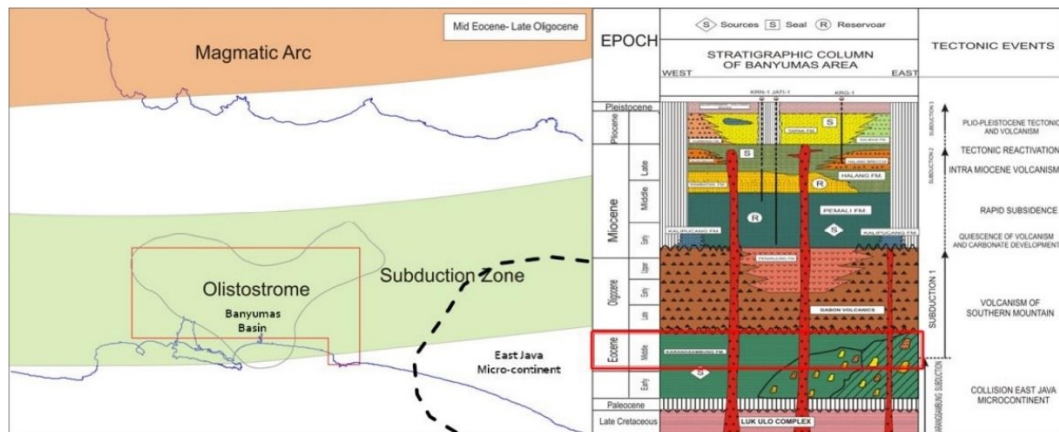
timur. Batuan dasar dari Sub-Cekungan Banyumas dapat berupa lempeng samudra dimana endapannya berupa endapan zona subduksi (Purwasatriya dkk., 2019).



Gambar 6. Gambaran paleogeografi umur Kapur Akhir – Eosen Tengah dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas (Purwasatriya dkk., 2019).

2.6.2. Eosen Tengah – Oligosen Akhir

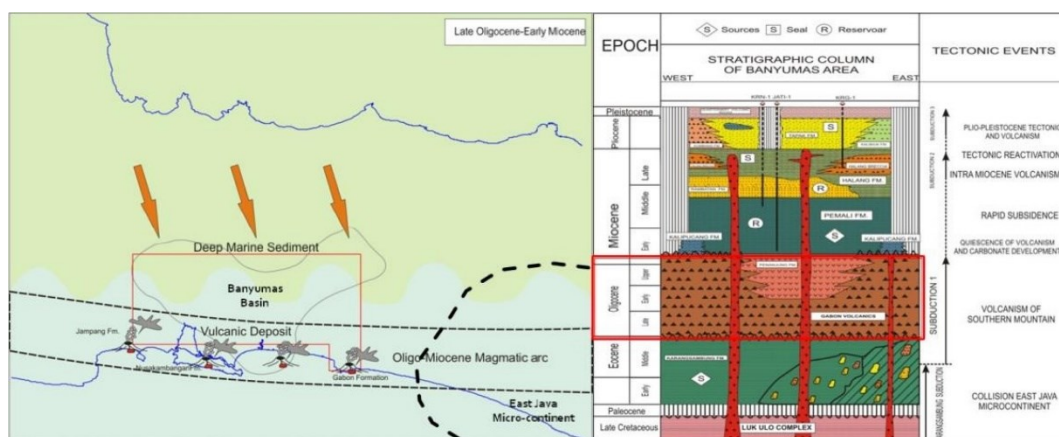
Pada zaman ini jalur subduksi memiliki arah relatif barat-timur akan tetapi adanya kemunculan Gunung Dakah di wilayah Karangsembung, Kabupaten Kebumen yang menggambarkan subduksi lain di selatan zona subduksi ini. Muncul teori *double subduction* dimana ada subduksi lain di sebelah selatan, akibat lempeng samudra yang patah. Pengendapan pada Sub-Cekungan Banyumas berupa lempung hitam dari laut dalam yang nantinya menjadi olistostrom pada Formasi Karangsembung. Batuan sedimen inilah yang menjadi alas dari Sub-Cekungan Banyumas, sebelum munculnya deretan busur berupa gunung api pada cekungan ini (Purwasatriya dkk., 2019).



Gambar 7. Gambaran paleogeografi umur Eosen Tengah – Oligosen Akhir dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas (Purwasatriya dkk., 2019).

2.6.3. Oligosen Akhir – Miosen Awal

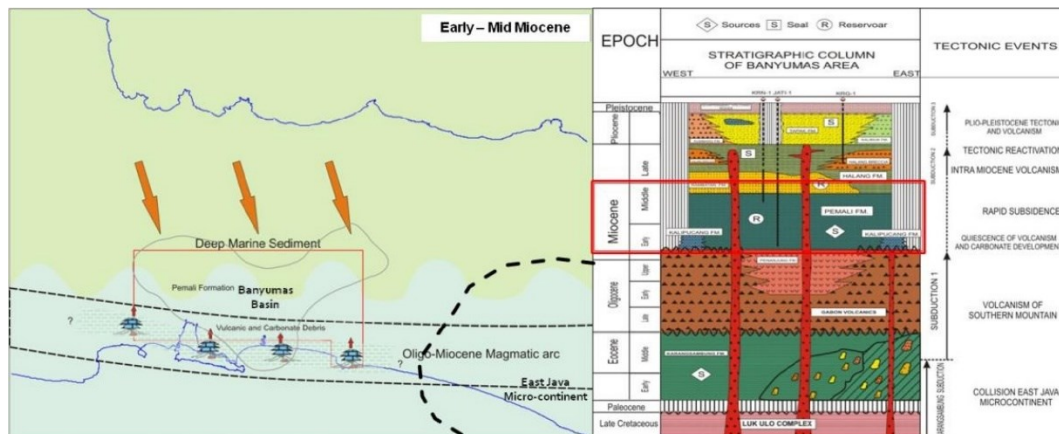
Pada zaman ini terbentuk Pegunungan Selatan di Jawa yang menjadi batas bagian selatan dari Sub-Cekungan Banyumas. Pada zaman ini Sub-Cekungan Banyumas terbentuk dimana endapan sedimen sudah ada dan terbentuk era sebelumnya. Sub-Cekungan Banyumas masuk ke dalam jenis *Island Arc Flexure Basin* dimana cekungan yang terbentuk dibatasi oleh pulau-pulau vulkanik di tengah laut dan *basement* adalah lempeng samudra yang melengkung (*flexure*) (Purwasatriya dkk., 2019).



Gambar 8. Gambaran paleogeografi umur Oligosen Akhir – Miosen Awal dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas(Purwasatriya dkk., 2019).

2.6.4. Miosen Awal – Miosen Tengah

Pada zaman ini aktivitas vulkanik pada busur magmatik Oligosen – Miosen sudah mulai mengecil yang dibuktikan terdapatnya senyawa karbonat yang berkembang pada daerah tinggian vulkanik. Senyawa karbonat yang berkembang yang lambat laun menjadi Formasi Kalipucang. Pada saat yang sama endapan laut yang berasal dari arah utara juga mengisi cekungan menjadi Formasi Pemali. Erosi terjadi pada daerah – daerah tinggian vulkanik yang tidak terendam oleh air laut dan menghasilkan endapan berbutir kasar di sekitar tubuh vulkanik (Purwasatriya dkk., 2019).

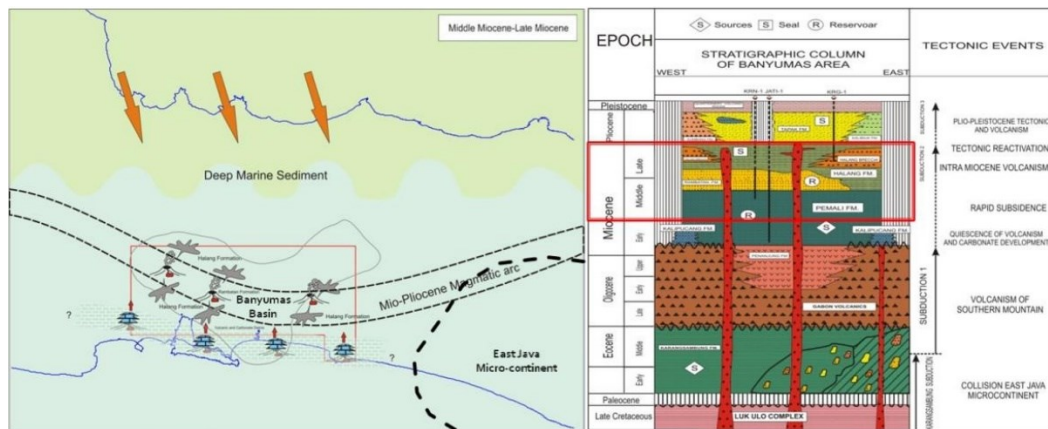


Gambar 9. Gambaran paleogeografi umur Miosen Awal – Miosen Tengah dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas (Purwasatriya dkk., 2019).

2.6.5. Miosen Tengah – Pliosen

Pada zaman ini terbentuk jalur magmatik Miosen – Pliosen pada bagian tengah Sub-Cekungan Banyumas. Jalur magmatik Miosen – Pliosen ini dianggap sebagai jalur antiklin yang mendorong pengeboran sumur minyak pada jalur tersebut, seperti Karang Nangka-1, Sumur Cipari-1, Gunung Wetan-1, Jati-1, dan Karang Gedang-1. Kemunculan busur magmatik pada masa Miosen – Pliosen memberikan cadangan material yang besar bagi Sub-Cekungan Banyumas dikarenakan letak busur magmatik ini berada di tengah cekungan. Zona tengah cekungan diisi oleh batuan breksi, lava, dan intrusi sill. Zona proximal diisi oleh batu pasir tufan dengan sisipan batu lempung tufan dan batu lanau tufan. Zona distal didominasi perselingan

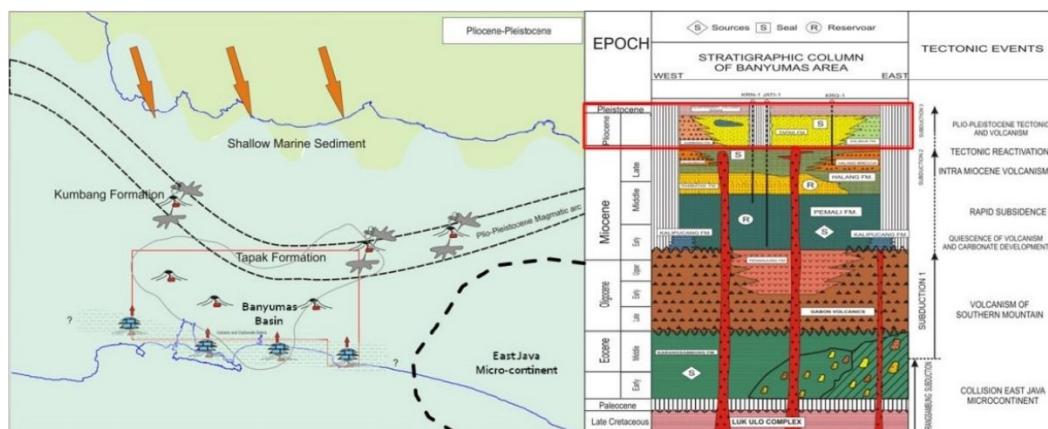
batu lempung tufan dan batu lanau tufan dengan sisipan napal dan tuff (Purwasatriya dkk., 2019).



Gambar 10. Gambaran paleogeografi umur Miosen Tengah – Pliosen (kiri) dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas (Purwasatriya dkk., 2019).

2.6.6. Pliosen – Pleistosen

Pada zaman ini terbentuk busur magmatik Pliosen – Pleistosen pada bagian utara dari busur magmatik Miosen – Pliosen. Penunjaman yang terjadi pada lempeng subduksi mengarah ke utara yang mengakibatkan busur magmatik bergerak ke utara. Berdasarkan posisi busur magmatik Pliosen – Pleistosen yang sangat dekat dengan busur magmatik Miosen – Pliosen dapat diinterpretasikan bahwa busur magmatik Pliosen – Pleistosen ini merupakan cabang dari dapur magma yang sama dengan busur magmatik Miosen – Pliosen (Purwasatriya dkk., 2019).



Gambar 11. Gambaran paleogeografi umur Pliosen – Pleistosen dan kolom stratigrafi Sub-Cekungan Banyumas (Purwasatriya dkk., 2019).

2.7. Petroleum System

Petroleum system merupakan bagian dari elemen-elemen geologi dan proses-proses yang sangat penting hubungannya dalam menghasilkan dan menyimpan minyak bumi. Sistem minyak dan gas bumi biasanya mencakup 5 komponen yakni batuan induk, perangkap, batuan *reservoir*, migrasi, dan batuan penyekat. Gambaran *petroleum system* di daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 12**.

2.7.1. Batuan Induk (*Source Rock*)

Batuan induk di Sub-Cekungan Banyumas dilihat dari sejarah geologi dan stratigrafi merupakan hasil dari Formasi Karangsambung yang berumur Eosen. Formasi Karangsambung sendiri tersusun atas batu lempung hitam yang terkonsentrasi yang kaya kandungan organik dan berpotensi menghasilkan minyak dan gas bumi. Lapisan tipis lempung yang kaya material organik juga ditemukan di Formasi Pemali atau Formasi Halang bagian bawah. Banyaknya intrusi magmatik yang ada pada jalur busur magmatik tersebut yang menjadi *heat source*. Cekungan yang dalam dan sedimen vulkaniklastik yang tebal akan membantu proses pematangan pada batuan induknya (Purwasatriya dkk., 2019).

2.7.2. Perangkap (*Trap*)

Tipe perangkap yang berkembang dapat berupa perangkap struktur seperti patahan dan antiklin dan perangkap stratigrafi seperti *reef* dan *onlap*. Perangkap yang berkembang pada Sub-Cekungan Banyumas diduga berupa antiklin akibat sesar naik (*thrust fault dependent anticline*), *inverted horst block*, dan antiklin – antiklin memanjang dan tidak tergantung oleh patahan. Perangkap yang seperti diapir juga dapat menjadi perangkap yang berkembang di Sub-Cekungan Banyumas (Armandita dkk., 2009).

2.7.3. Batuan Penyekat (*Seal*)

Batuan penyekat umumnya berupa batuan yang bersifat impermeabel seperti batu lempung, batu lanau, tuff dan napal. Batuan penyekat bersifat intraformational di dalam Formasi Halang (Purwasatriya dkk., 2019).

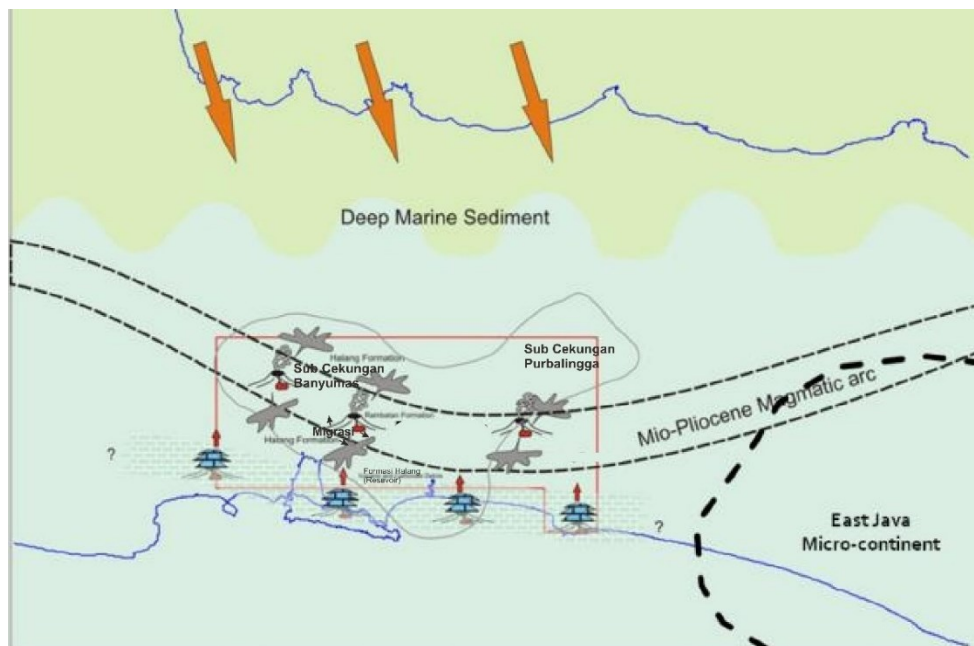
2.7.4. Migrasi

Migrasi minyak dan gas bumi dapat melalui celah struktur patahan atau lapisan pembawa (*carrier bed*). Berdasarkan pembahasan tentang sejarah geologi Sub-Cekungan Banyumas dan sistem minyak serta gas buminya, diharapkan dapat membawa kepada pada sistem eksplorasi migas yang baru yang akan mendapatkan cadangan minyak dan atau gas bumi yang lebih ekonomis nantinya (Purwasatriya dkk., 2019).

2.7.5. Batuan Reservoir

Lingkungan vulkanik yang memiliki banyak kandungan tuff akan mengurangi permeabilitas dan porositas sehingga sulit untuk menentukan batuan reservoir. Proses alterasi yang terjadi juga seperti perubahan menjadi mineral lempung juga mengurangi permeabilitas dan porositas. Sebab itu pada daerah vulkanik batuan reservoir memanfaatkan porositas sekunder dari rekahan. Proses tektonik kompresi pada zaman Pliosen – Pleistosen adalah pembentuk rekahan yang berpotensi sebagai reservoir (Purwasatriya dkk., 2019).

Batuan reservoir berupa batu pasir yang diduga berasal dari Formasi pre-Halang atau Rambatan, Formasi Halang, dan Formasi Pemali dengan ketebalan antara 400 – 800 meter. Selain itu reservoir juga dapat berasal dari batu gamping dari Formasi Kalipucang ataupun Formasi Halang dan Formasi Tapak (Noeradi dkk., 2006).



Gambar 12. *Petroleum system* daerah penelitian (Purwasatriya dkk., 2019).

2.8. Penelitian Terdahulu

Hidayat dkk (2020), telah melakukan penelitian untuk mengetahui sistem *petroleum* aktif di Sub-Cekungan Banyumas dengan mengestimasi kedalaman batuan dasar dan *second vertical derivative* (SVD). Filter yang dipergunakan guna pemisahan anomali regional dan anomali residual dengan filter *Band pass filter*. Anomali residual gayaberat menggambarkan tren Antiklin Cipari dengan arah barat laut – tenggara. Adanya struktur geologi seperti lipatan dan patahan menyebabkan pola anomali tinggian dan rendahan pada daerah penelitian.

Junursyah dkk (2019), telah melakukan penelitian untuk mendelineiasi Sub-Cekungan Banyumas dengan metode magnetik. Hasil analisis peta RTP didapatkan zona deposenter dengan sebaran nilai kemagnetan -789,8 nT hingga -301,4 nT dan zona ini terbentuk sebelum Miosen Tengah. Hasil analisis peta Residual Magnet terdapat empat zona sub-deposenter yang dicirikan oleh nilai kemagnetan -510,6 nT hingga -186,9 nT dan terbentuk secara bertahap dari sebelum Oligosen Akhir, Pliosen, hingga sebelum Kuartar-Holosen.

Purwasatriya dkk (2019), telah melakukan penelitian untuk mengetahui potensi reservoir pada Formasi Tapak di Sub-Cekungan Banyumas. Hasil penelitian menggambarkan bahwa fasies proksimal dan medial pada Formasi Halang memiliki potensi sebagai reservoir. Adanya proses tektonik kompresi pada umur Pliosen – Plistosen membentuk kekar pada batu pasir yang menambah permeabilitasnya. Data *sidewall core* pada sumur Karang Gedang-1 menggambarkan terdapatnya permeabilitas yang bagus dari batu pasir Formasi Halang. Data XRMI menggambarkan terdapatnya rekahan terbuka pada kedalaman sekitar 13.000 – 14.000 kaki dimana Formasi Halang mempunyai potensi sebagai reservoir hidrokarbon di Sub-Cekungan Banyumas.

Erviantari dan Sarkowi (2014), telah melakukan penelitian di Cekungan Kalimantan Tengah untuk mengidentifikasi struktur sesar daerah penelitian, memodelkan bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan nilai kontras densitas batuan, serta analisis korelasi sumur hidrokarbon dan struktur di daerah penelitian tersebut. Sebaran nilai anomali *Bouguer* daerah penelitian memiliki rentang nilai 18 – 60 mGal. Adanya struktur patahan turun yang cukup besar di bagian atas berarah NE-SW, hal ini ditunjukkan dari peta Anomali *Bouguer* dan peta anomali *second vertical derivative* di daerah tersebut. Daerah prospek hidrokarbon di daerah tersebut berkorelasi dengan daerah tinggian yang ditunjukkan oleh peta anomali residual.

Purwasatriya dan Waluyo (2011), telah melakukan penelitian dimana didapatkan model geologi bawah permukaan yang dibuat menunjukkan adanya lapisan-lapisan dominan pasir dari Formasi Halang yang terisi oleh gas dan menjadi kantong-kantong gas dangkal di dekat permukaan, dimana gas merambat melalui zona patahan dengan arah orientasi patahan N 115° E dengan *dip* sekitar 45°. Berdasar hasil rekonstruksi antiklin Jatilawang, puncak antiklin diperkirakan berada sekitar 610 meter di sebelah selatan rembesan gas dan kedalaman gas cap yang diperkirakan sebagai sumber rembesan gas, berada pada kedalaman sekitar 620 meter di bawah permukaan. Karena adanya faktor ambiguitas pada semua metode geofisika, termasuk metode geolistrik yang digunakan dalam penelitian ini, maka

perlu dibuktikan lebih lanjut adanya kantong-kantong gas dekat permukaan tersebut dengan melakukan pemboran dangkal sekitar 20 – 50 meter. Jika terbukti benar, maka gas tersebut dapat dimanfaatkan bagi masyarakat sekitarnya untuk berbagai keperluan dan juga menambah pengetahuan dalam memahami sistem hidrokarbon di Sub-Cekungan Banyumas.

III. TEORI DASAR

3.1. Metode Gayaberat

Metode gayaberat merupakan metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi medan gayaberat di bumi. Variasi gayaberat di permukaan bumi tersebut dapat disebabkan oleh adanya variasi densitas batuan di bawah permukaan, jenis batuan di bawah permukaan, perbedaan jarak permukaan bumi ke pusat bumi dan adanya perbedaan topografi di permukaan bumi (Sarkowi, 2014).

Pengukuran gayaberat dilakukan pada nilai komponen vertikal dari percepatan gayaberat di suatu tempat. Bentuk bumi tidak bulat menyebabkan beragamnya nilai percepatan gayaberat pada tiap tempat. Hal yang dapat mempengaruhi nilai percepatan gravitasi adalah perbedaan ketinggian (topografi), derajat garis lintang, variasi rapat massa batuan di bawah permukaan bumi, kedudukan bumi dalam tata surya, elevasi tempat pengukuran dan hal lain yang dapat memberikan kontribusi nilai gravitasi, misalnya bangunan dan lain-lain (Grandis, 2009).

3.2. Konsep Dasar Gayaberat

3.2.1. Gayaberat Newton

Gayaberat Newton memiliki prinsip teori yang didasari Hukum Newton dimana menjabarkan mengenai adanya gaya tarik menarik antara dua massa m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r , dapat dirumuskan sebagai berikut :

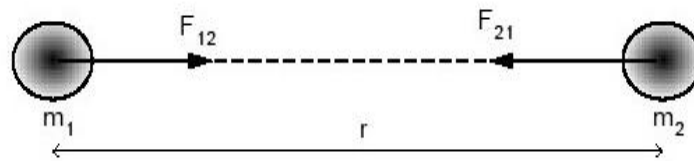
$$\vec{F} = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1)$$

Dimana:

\vec{F} : Gaya tarik menarik (N)

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

- \vec{r} : Jarak antara dua buah benda (m)
 G : Konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$)



Gambar 13. Gaya tarik menarik antara dua buah benda (Grandis, 2009).

3.2.2. Percepatan Gayaberat

Newton juga menjabarkan keterkaitan antara gaya dan percepatan. Hukum II Newton secara spesifik menjelaskan tentang gerak dimana gaya sebanding dengan massa benda dikalikan dengan percepatan gayaberat bumi yang dialami benda tersebut.

$$\vec{F} = m \vec{g} \quad (2)$$

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

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

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persamaan di atas menjadi

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

Dimana :

\vec{g} : Percepatan gaya tarik bumi (m/s^2)

M : Massa bumi (kg)

m : Massa benda (kg)

\vec{F} : Gayaberat (N)

r : Jari-Jari bumi (km)

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

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

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

$$1 \text{ mGal} = 10^{-3} \text{ Gal}$$

$$1 \mu\text{Gal} = 10^{-3} \text{ mGal} = 10^{-6} \text{ Gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ mGal} = 10 \text{ g.u.} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

Dalam satuan m.k.s, gayaberat diukur dalam g.u. (*gravity unit*) atau $\mu\text{m/s}^2$ (Reza dkk., 2013).

3.2.3. Potensial Gayaberat

Potensial gayaberat merupakan suatu energi yang digunakan untuk menempatkan suatu massa di suatu titik ke titik tertentu. Potensial pada suatu titik, pada medan gravitasi dinyatakan sebagai usaha yang diperlukan untuk memindahkan satu massa (m) dari jauh tak berhingga ke titik tertentu dalam medan gravitasi bumi bermassa m adalah:

$$V = G \int_0^r \frac{dr}{r^2} \quad (5)$$

$$V = G \frac{m}{r^2} r \quad (6)$$

$$V = G \frac{m}{r} \quad (7)$$

dimana:

V : Potensial gravitasi

M : Massa benda (kg)

r : Jarak (m)

G : Konstanta universal gravitasi ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$) (Blakely, 1996).

3.2.4. Densitas Batuan

Densitas batuan ialah besaran utama dalam menentukan nilai percepatan gravitasi. Densitas batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu rapat massa butir pembentuknya, porositas, kandungan fluida yang mengisi pori-porinya, serta pemadatan akibat tekanan dan pelapukan yang dialami batuan tersebut (Brotopuspito, 2001).

Adapun variasi nilai densitas dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai densitas batuan (Telford dkk., 1990).

Jenis Batuan	Nama Batuan	Batas (gr/cc)	Rata-rata (gr/cc)
Batuan Sedimen	<i>Aluvium</i>	1,96-2,00	1,98
	<i>Clay</i>	1,63-2,60	2,21
	<i>Gravel</i>	1,70-2,40	2,00
	<i>Loess</i>	1,40-1,93	1,64
	<i>Silt</i>	1,80-2,20	1,93
	<i>Soil</i>	1,20-2,40	1,92
	<i>Sand</i>	1,70-2,30	2,00
	<i>Sandstone</i>	1,61-2,76	2,35
	<i>Shale</i>	1,77-3,20	2,40
	<i>Limestone</i>	1,93-2,90	2,55
	<i>Dolomit</i>	2,28-2,90	2,70
	<i>Chalk</i>	1,53-2,60	2,01
	<i>Halite</i>	2,10-2,60	2,22
	<i>Glacier Ice</i>	0,88-0,92	0,90
Batuan Beku	<i>Riolit</i>	2,35-2,70	2,52
	<i>Granit</i>	2,50-2,81	2,64
	<i>Andesit</i>	2,40-2,80	2,61
	<i>Syenite</i>	2,60-2,95	2,77
	<i>Basalt</i>	2,70-3,30	2,99
	<i>Gabro</i>	2,70-3,50	3,03
Batuan Metamorf	<i>Schist</i>	2,39-2,90	2,64
	<i>Gneiss</i>	2,59-3,00	2,80
	<i>Phylite</i>	2,68-2,80	2,74
	<i>Slate</i>	2,70-2,90	2,79
	<i>Granulite</i>	2,52-2,7	2,65
	<i>Amphibolite</i>	2,90-3,04	2,96
	<i>Eclogite</i>	3,20-3,54	3,37

3.3. Anomali *Bouguer*

Anomali *Bouguer* merupakan perbedaan antara nilai gayaberat observasi (g_{obs}) dengan jumlah secara aljabar dari koreksi *drift*, koreksi pasang surut, koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi *Bouguer*, dan koreksi *Terrain*. Variasi dari anomali *Bouguer* merefleksikan variasi densitas secara lateral misalnya benda dengan densitas tinggi berada di dalam medium yang memiliki densitas rendah akan menghasilkan nilai *Bouguer* anomali positif. Sebaliknya, benda dengan densitas

rendah yang berada pada medium dengan densitas tinggi akan menghasilkan nilai anomali *Bouguer* negatif (Reynolds, 1997).

Menurut Hinze dalam Parapat (2017), anomali *Bouguer* adalah selisih antara harga gravitasi pengamatan dengan harga gravitasi teoritis yang didefinisikan pada titik pengamatan tertentu. Perbedaan akan menggambarkan perbedaan densitas atau rapat massa pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya baik ke arah vertikal ataupun lateral. Sebagai contoh karena keterdapatannya suatu material tertentu seperti batuan sumber panas di dalam kulit bumi. Target akhir yang ingin didapatkan dari metoda gayaberat pada eksplorasi sumber daya alam maupun studi keilmuan adalah mendapatkan gambaran bawah permukaan berdasarkan variasi persebaran densitas.

Anomali *Bouguer* menggambarkan persebaran dari gayaberat untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan berdasarkan kontras rapat massa batuan. Dengan demikian nilai anomali *Bouguer* dapat dirumuskan sebagai berikut (Brotopuspito, 2001):

$$BA = g_{obs} - (g_{\phi} + FAC + BC + TC) \quad (7)$$

dimana,

g_{obs} = Harga gayaberat pengukuran di titik tersebut

g_{ϕ} = G lintang

FAC = *Free Air Correction*/ koreksi udara bebas

BC = *Bouguer Correction*/ koreksi *Bouguer*

TC = *Terrain correction*/ koreksi medan

Nilai anomali yang diperoleh adalah nilai anomali pada ketinggian titik amat.

3.4. Analisis Spektrum

Analisis spektrum memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai kedalaman suatu benda anomali gayaberat dari bawah permukaan. Metode analisis spektrum memanfaatkan transformasi *Fourier* guna mengubah suatu fungsi waktu dan jarak menjadi suatu fungsi frekuensi atau bilangan gelombang (Blakely, 1996).

Analisis spektral dilakukan untuk mengetahui batas anomali *Bouguer* regional dan residual daerah penelitian. Hasil dari analisis spektral ini selanjutnya digunakan untuk mengestimasi lebar jendela untuk *filtering* anomali gayaberat. Suatu transformasi *Fourier* digambarkan dengan proses memisahkan suatu gelombang ke dalam bentuk gelombang sinus dengan frekuensi yang bervariasi. Hasil dari penjumlahan pada gelombang-gelombang tersebut adalah bentuk gelombang aslinya (Setiadi, 2019).

Spektrum diperoleh dari nilai potensial yang terdapat pada suatu bidang horizontal. Dengan persamaan transformasi *Fourier* adalah (Blakely, 1996):

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

Dimana

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

U = Potensial gayaberat

μ = Anomali rapat massa

γ = Konstanta gayaberat

r = Jarak

Gerak vertikal gravitasi yang disebabkan oleh suatu titik massa adalah turunan *derivative* dari potensial gayaberatnya :

$$g_z = Gm \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (9)$$

$$F(g_z) = GmF \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r} \quad (10)$$

$$F(g_z) = Gm \frac{\partial}{\partial z} F \frac{1}{r} \quad (11)$$

Transformasi *Fourier* pada lintasan yang diinginkan adalah

$$F(g_z) = 2\pi Gme^{|k|(z_0-z_1)}, \quad z_1 > z_0 \quad (12)$$

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

$$A = C e^{|k|(z_0-z_1)} \quad (13)$$

Dimana:

A = amplitudo

$C = \text{konstanta}$

Untuk memperoleh hubungan antara amplitudo (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*.

$$\ln A = \ln 2\pi G m e^{|k|(z_0 - z_1)} \quad (14)$$

$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C \quad (15)$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus:

$$y = mx + c \quad (16)$$

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 dengan bilangan gelombang yang besarnya $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan satuannya *cycle/meter*, dengan λ adalah panjang gelombang.

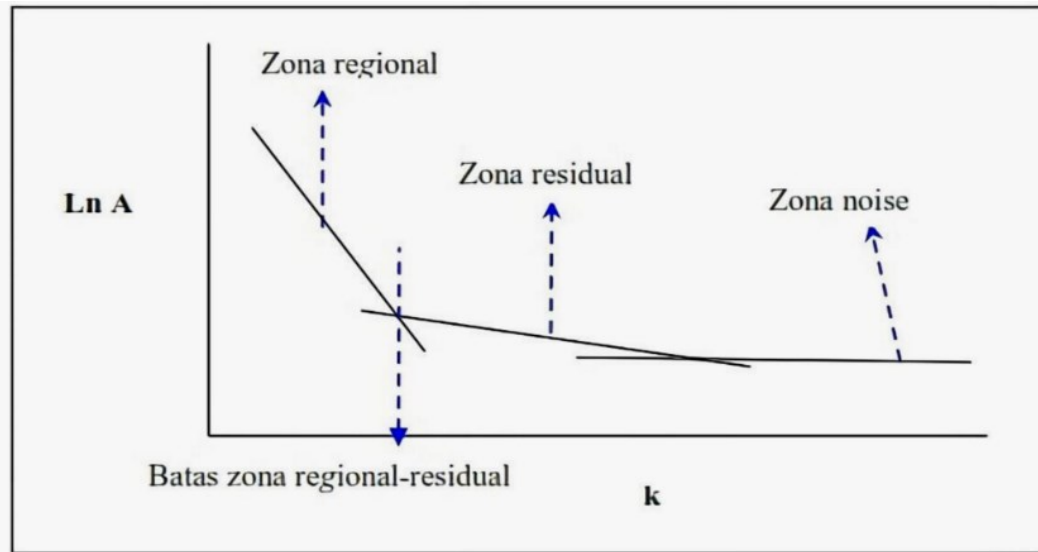
Hubungan λ dengan Δx diperoleh dari persamaan:

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (17)$$

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

$$N = \frac{2\pi}{k_c \Delta x} \quad (18)$$

Dimana Δx adalah domain spasi yang akan digunakan dalam *Fast Fourier Transform* (FFT), dan k_c adalah bilangan gelombang *cut off*. 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. Hubungan $\ln A$ terhadap K dapat dilihat pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Kurva $\ln A$ terhadap k (Blakely, 1996).

3.5. Filter *Moving Average*

Filter *moving average* merupakan salah satu metode penapisan *low pass filter*, dimana metode ini menghilangkan frekuensi tinggi dan meloloskan frekuensi rendah. Data anomali *Bouguer* lengkap ditapis menggunakan metode ini dengan lebar jendela merupakan rata-rata dari setiap lintasan yang telah melalui analisis spektrum. *Output* yang didapatkan disebut dengan anomali regional. Sedangkan anomali residual diperoleh dengan cara melakukan proses pengurangan pada anomali *Bouguer* lengkap dengan anomali regional. Pada prinsipnya nilai lebar jendela yang digunakan semakin besar maka nilai anomali residual yang diperoleh akan semakin mendekati nilai anomali *Bouguer* (Setiadi dkk., 2010).

Pemisahan anomali *Bouguer* menjadi anomali regional dan anomali residual digunakan untuk mempermudah proses interpretasi kualitatif. Salah satu filter yang digunakan dalam memisahkan anomali ini dapat dilakukan dengan filter *moving average*. Filter *moving average* memiliki perhitungan dengan cara mencari nilai rata-rata anomalnya. Hasil rata-rataan dari filter adalah anomali regional, sedangkan anomali residual diperoleh dengan mengurangkan data hasil pengukuran gayabarat atau anomali *Bouguer* lengkap dengan anomali regional.

$$\Delta g_{reg}(i) = \frac{\Delta g(i-n) + \dots + \Delta g(i) + \dots + \Delta g(i+n)}{N} \quad (19)$$

Keterangan :

i = nomor stasiun

N = lebar jendela

$$N = \frac{N-1}{2} \quad (20)$$

Δg_{reg} = 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:

$$\Delta g_{reg} = \frac{1}{9} \sum_{N=1}^9 \Delta g(n) \quad (21)$$

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

$$\Delta g_{res} = \Delta g - \Delta g_{reg} \quad (22)$$

Dimana Δg adalah anomali *Bouguer* total (Diyanti, 2014).

Filter *moving average* sangat umum digunakan untuk filter pada DSP (*Digital Signal Processing*), secara umum dikarenakan filter *moving average* sangat mudah digunakan untuk dan mudah untuk dimengerti. Hasil akhir dari pengolahan anomali *Bouguer* menggunakan filter *moving average* adalah anomali regional (Nugraha dkk., 2016).

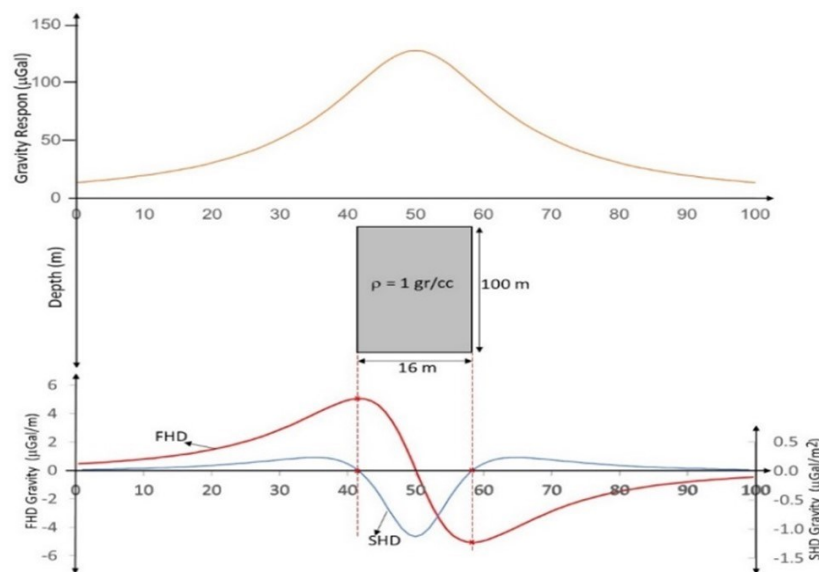
3.6. *First Horizontal Derivative (FHD)*

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 derivative* dapat digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak densitas horizontal dari data gayaberat (Cordell dan Grauch, 1982).

Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan yang dangkal maupun dalam. Amplitudo dari *horizontal derivative* ditunjukkan sebagai berikut (Cordell dan Grauch, 1982):

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (23)$$

Dimana $\frac{\partial g}{\partial x}$ dan $\frac{\partial g}{\partial y}$ adalah turunan horizontal gayaberat pada arah x dan y. Satuan dari FHD adalah mGal.m^{-1} . Respon anomali dari *first horizontal derivative* ditunjukkan pada **Gambar 15** berikut.



Gambar 15. Hasil pemodelan analitik turunan gravitasi horizontal untuk model benda pelat tegak (Sarkowi, 2022).

3.7. Second Vertical Derivative (SVD)

Metode *second vertical derivative* digunakan untuk menampilkan sumber anomali yang bersifat lokal atau dangkal. Metode *second vertical derivative* untuk mendapatkan titik diskontinuitas dari suatu struktur bawah permukaan seperti adanya patahan pada suatu daerah penelitian (Saibi dkk., 2006).

Secara teoritis metode ini diturunkan dari persamaan Laplace untuk anomali gayaberat di permukaan yang persamaannya dapat ditulis:

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (24)$$

Atau:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (25)$$

Sehingga *second vertical derivative* nya diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2}\right) \quad (26)$$

Untuk data 1D (data penampang) persamaan nya diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (27)$$

Persamaan SVD dan 1D di atas menunjukkan bahwa *second vertical derivative* dari suatu anomali gayaberat permukaan adalah sama dengan negatif dari derivatif orde dua horizon. Artinya bahwa anomali *second vertical derivative* dapat melalui derivatif horizontal yang secara praktis lebih mudah dikerjakan. Untuk data anomali gayaberat dalam *grid* teratur, anomali *second vertical derivative* dapat diturunkan melalui proses *filtering* dimana persamaan konvolusi nya diberikan oleh:

$$\Delta G_{svd}(\Delta x, \Delta y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x, y) F(x - \Delta x, y - \Delta y) dx dy \quad (28)$$

Dimana F adalah filter *second vertical derivative* sesuai persamaan diatas dan Δg adalah anomali gayaberat sebagai data input.

Metode ini mengambil nilai turunan kedua dari anomali *Bouguer* sama dengan nol sebagai kontak dari kontras densitas antara dua lapisan batuan, dalam hal ini kontak tersebut dapat dikatakan sebagai struktur patahan ataupun intrusi (Sarkowi, 2010). Pada penelitian ini menggunakan operator filter SVD Elkins.

Tabel 2. Operator filter SVD (Elkins, 1951).

0	-0.0833	0	-0.0833	0
-0.0833	-0.6667	-0.0334	-0.6667	-0.0833
0	-0.0334	1.0668	-0.0334	0
-0.0833	-0.6667	-0.0334	-0.6667	-0.0833
0	-0.0833	0	-0.0833	0

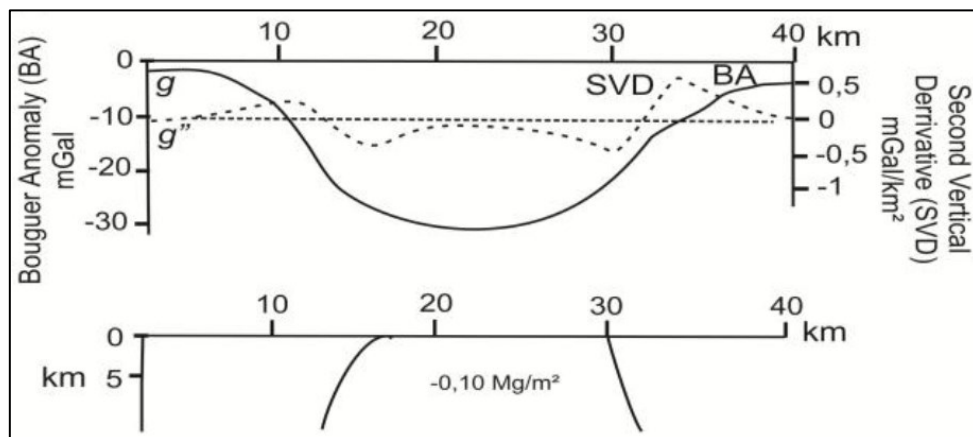
Struktur patahan atau sesar naik dapat ditentukan dari nilai anomali SVD dengan karakteristik sebagai berikut

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \max \right| < \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \min \right| \quad (29)$$

Sedangkan untuk sesar turun

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \max \right| > \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \min \right| \quad (30)$$

Untuk penentuan arah (dip) sesar dapat dilihat dari kurva-kurva Anomali Gaya Berat, FHD, dan SHD. Arah (dip) sesar tersebut akan mengikuti dari kemiringan arah kurva Anomali Gayaberat dan kurva SVD. Jika arah kurva Anomali Gaya berat dan kurva SVD menurun ke arah kiri, maka sesar pun arahnya akan menurun ke arah kiri bawah, begitu juga sebaliknya. Jika arah kurva Anomali Gayaberat dan kurva SVD menurun ke arah kanan, maka sesar pun arahnya akan menurun ke arah kanan bawah (Aufia, 2017). **Gambar 16** menunjukkan respon analisis SVD pada struktur geologi.



Gambar 16. Respon analisis SVD pada struktur geologi (Reynold, 1997).

3.8. Forward Modelling 2D

Pemodelan ke depan 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. Seringkali istilah pemodelan ke

depan digunakan untuk proses *trial and error*. *Trial and error* adalah proses coba-coba atau tebakan untuk memperoleh kesesuaian antara data teoritis dengan data lapangan. Diharapkan dari proses *trial and error* ini diperoleh model yang cocok responnya dengan data (Umboh dkk., 2018).

Pada pemodelan gravitasi untuk pendekatan model 2-D, bentuk penampang benda anomali dalam arah sumbu x dan z sehingga dianggap tetap atau sama sepanjang arah struktur. Untuk menggambarkan distribusi rapat massa secara 2D maka medium di diskretisasi menjadi *grid* atau blok berukuran seragam (homogen) dengan rapat massa yang bervariasi. Geometri *grid* dianggap tetap dan diketahui sehingga parameter model adalah rapat massa setiap blok yang dapat diperkirakan melalui pemodelan inversi linier (Grandis, 2009).

Menurut Talwani, *forward modelling* untuk efek gravitasi benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang dapat diwakili oleh suatu poligon berisi n yang dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon,

$$g_x = 2 G \rho \oint z d\theta \quad (31)$$

Integral garis tersebut dapat pula dinyatakan sebagai jumlah garis tiap sisinya sehingga persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut,

$$g_x = 2 G \rho \sum_{i=1}^n g_i \quad (32)$$

Model benda anomali sembarang oleh Talwani didekati dengan poligon-poligon dengan sistem koordinat kartesian untuk benda poligon sederhana seperti pada gambar dibawah dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$g_1 = \int_b^a \frac{a_1 \tan \theta_1}{\tan \varphi_1 - \tan \theta} d\theta \quad (35)$$

sehingga diperoleh

$$g_1 = a_1 \sin \varphi_1 \cos \varphi_1 \left\{ (\theta_1 - \theta_2) \ln \left(\frac{\cos \theta_1 (\tan \theta_1 - \tan \varphi_1)}{\cos \theta_2 (\tan \theta_2 - \tan \varphi_1)} \right) \right\} \quad (36)$$

dimana

$$a_1 = x_2 - z_2 \cot \varphi_1 = x_2 - z_2 \left(\frac{x_2 - z_1}{x_2 - z_1} \right) \quad (37)$$

dengan,

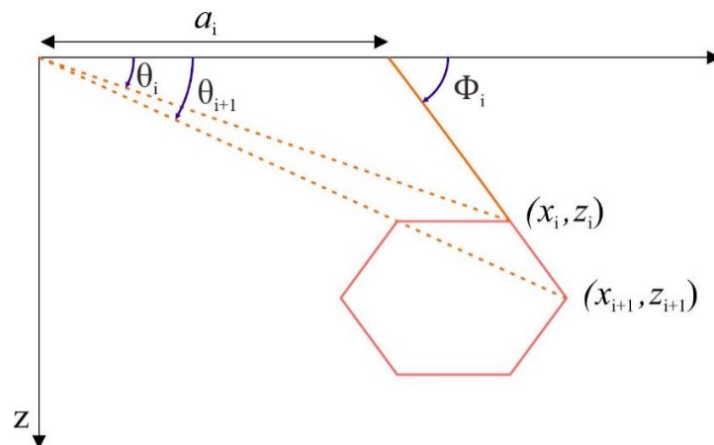
$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{z_1}{x_1} \right) \quad (38)$$

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \left(\frac{z_2 + z_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (39)$$

Persamaan dapat ditulis dalam bentuk yang lebih sederhana dengan mensubstitusikan harga-harga $\sin f$, $\cos f$, $\tan f$ dengan koordinat titik sudut poligon pada sumbu x dan z sebagai berikut,

$$\Delta g = 2G\Delta\rho(g_{x12} + g_{x22} + \dots + g_{xnn}) \quad (40)$$

Persamaan diatas dijadikan sebagai dasar perhitungan model bawah permukaan yang berbentuk perangkat lunak (*software*).



Gambar 17. Efek benda bentuk poligon anomali Gayaberat (Talwani dkk, 1959).

3.9. Inverse Modelling 3D

Inversi gravitasi memiliki tujuan guna menentukan persebaran densitas yang akan menjelaskan pengukuran atau bentuknya dan dimensi dari variasi densitas (Sarkowi dan Wibowo, 2021). Dalam tahap inversi dilakukan analisis data lapangan dengan melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika dan data lapangan. Tujuan dari proses inversi adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya.

Pemodelan inversi (*inversion modelling*) menggunakan parameter model yang didapatkan secara langsung dari data pengukuran. Inversi merupakan suatu perhitungan matematis dan statistika yang digunakan untuk mengetahui informasi suatu sistem berdasarkan observasi terhadap sistem tersebut. Sistem fisika yang dimaksud adalah hasil observasi terhadap sistem adalah data, sedangkan informasi yang ingin diperoleh data adalah model atau parameter model. Dalam mengestimasi

parameter model sebenarnya ditemukan berbagai permasalahan, namun permasalahan tersebut umumnya dibahas sebagai permasalahan regresi linier. Konsep regresi linier ini digunakan untuk memformulasikan masalah inversi linier yang berlaku lebih umum. Model terbaik atau optimum diperoleh jika kesalahan tersebut minimum (Grandis, 2009).

Tahapan optimasi yang dilakukan pada pemodelan inversi melalui tahap optimasi *Base*, *Density*, *Occam d*, *Height*, dan *Occam h*. Pada proses optimasi ini menggunakan metode *Singular Value Decomposition* (SVD) dan optimasi Occam's (Hjelt, 1992 dalam Parapat, 2017) dengan tahapan yang berurutan. Tahapan berurutan dilakukan karena pada perangkat lunak *Grablox* kedua tahapan tersebut menggunakan persamaan (41) dan (42). Bila pada tahapan optimasi dengan SVD didapatkan data densitas perhitungan dengan data pengukuran belum cocok, maka pada tahap selanjutnya optimasi Occam hingga terjadi kecocokan. Pada tahapan optimasi ini akan membuat nilai *error* menjadi semakin kecil baik dari sisi nilai densitas atau dimensinya. Nilai *error* (rms) minimum akan menggambarkan kesesuaian data, sehingga model densitas yang di dapat dianggap sebagai model yang paling optimum.

Optimasi *Base* memiliki tujuan guna mendapatkan nilai-nilai parameter dasar anomali. Optimasi densitas memiliki tujuan guna mendapatkan nilai densitas agar nilai densitas antara data pengukuran dan data perhitungan lebih cocok. Optimasi ketinggian blok memiliki tujuan guna mendapatkan posisi blok yang memiliki ketinggian yang sesuai. Sedangkan *Occam d* dan *Occam h* memiliki tujuan untuk memperkecil perbedaan antara kedua data tersebut (densitas dan ketinggian blok), sehingga didapatkan kecocokan antara keduanya (Jusmi, 2016).

Data gayabarat anomali residual diinversikan menggunakan perangkat lunak *Grablox 1.6* dari Partijavri (2004), sehingga menghasilkan model penampang densitas berbentuk 3D. Inversi *Singular Value Decomposition* adalah suatu teknik pemfaktoran matriks dengan menguraikan suatu matriks ke dalam dua matriks

(Zhao and Chen, 2011), sebagai contoh dari matriks A menjadi matriks U dan V. Secara matematis persamaannya (Parapat, 2017) dapat ditulis sebagai:

$$A = U S V^T \quad (41)$$

Dimana U adalah matriks ortogonal sebelah kiri, S adalah suatu matriks diagonal, dan V adalah matriks ortogonal sebelah kanan. Perhitungan inversi matriks menggunakan teknik SVD relatif lebih stabil. Dalam penerapan teknik SVD, nilai singular yang lebih kecil dari harga tertentu dapat diabaikan atau dianggap sama dengan nol sehingga tidak diikutsertakan pada proses perhitungan solusi. Penerapan teknik SVD pada pemodelan inversi khususnya pada perhitungan matriks umumnya dapat menghasilkan solusi inversi yang cukup baik (Grandis, 2009).

Inversi *Occam* adalah suatu metode inversi yang memanfaatkan tingkat kekasaran (*roughness*) suatu model (Constable dkk., 1987) yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$U = \|\delta m\|^2 + \mu^{-1} \{\|Wd - WGm\|^2 - X^2\} \quad (42)$$

dimana, $\|\delta m\|^2$ merupakan kekasaran (*roughness*), μ^{-1} adalah *lagrange multiplier*, $\|Wd - WGm\|^2$ adalah *misfit*, dan X^2 adalah *error*.

Untuk kasus dimana fungsi yang menghubungkan data dengan parameter model adalah suatu fungsi *linear*, maka persamaannya dapat dinyatakan berupa matriks dengan perkalian sebagai berikut:

$$d = g m \quad (43)$$

atau

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1M} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{N1} & g_{N2} & \dots & g_{NM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_M \end{bmatrix} \quad (44)$$

Dimana A adalah matriks (N x M) yang sering disebut sebagai matriks kernel.

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu dalam penelitian ini dilaksanakan pada:

Waktu : 1 April 2022 – 19 Oktober 2022

Tempat : Pusat Survei Geologi, Badan Geologi dan Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika, Teknik Geofisika Universitas Lampung

Alamat : Jl. Diponegoro No.57, Cihaurgeulis, Kec. Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40122 dan Jurusan Teknik Geofisika Lt. 3 - Jl. Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng, Rajabasa, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35142.

4.2. Alat dan Bahan

Dalam penelitian memerlukan alat dan bahan guna mendukung penelitian ini seperti:

1. Laptop
2. Data Gayaberat dalam Anomali *Bouguer* Lengkap
3. Peta geologi lembar Banyumas
4. *Software ArcGis V 10.8*
5. *Software Geosoft Oasis Montaj V 8.3.4*
6. *Microsoft Office*
7. *Software Grablox 1.6 dan Bloxer 1.6*

4.3. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini, prosedur untuk melaksanakan penelitian dibagi menjadi lima bagian yaitu :

4.3.1. Analisis Spektrum

Data anomali *Bouguer* lengkap yang diperoleh dilakukan analisa spektrum untuk memperoleh nilai kedalaman anomali regional dan kedalaman anomali residual yang didapatkan dari nilai frekuensi. Proses analisa spektrum ini menggunakan transformasi *Fourier* yang dapat mengubah suatu fungsi dalam jarak atau waktu menjadi suatu fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi. Gelombang dengan frekuensi rendah berasosiasi dengan panjang gelombang panjang mengindikasikan daerah regional yang mewakili struktur dalam dan luas. Sebaliknya, gelombang dengan frekuensi tinggi berasosiasi dengan panjang gelombang pendek mengindikasikan daerah residual yang mewakili struktur dangkal. Analisa spektrum dapat menentukan lebar jendela filter yang akan digunakan. Pada penelitian ini terdapat 5 garis lintasan yang dibuat pada peta kontur Anomali *Bouguer* Lengkap. Selanjutnya, data yang didapat dari lintasan tersebut diolah di *Microsoft Excel* untuk mencari nilai $\ln A$ dan K yang nantinya digunakan untuk mengetahui estimasi kedalaman yang kita cari.

4.3.2. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Nilai lebar jendela yang diperoleh dari analisis spektrum digunakan untuk proses pemisahan anomali regional dan anomali residual. Proses pemisahan anomali regional dan anomali residual dilakukan untuk memisahkan sumber dari anomali dalam dan dangkal. Anomali *Bouguer* merupakan suatu nilai anomali gayaberat yang disebabkan oleh perbedaan densitas batuan pada daerah dangkal dan daerah yang lebih dalam di bawah permukaan. Proses pemisahan anomali yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan filter *moving average*.

4.3.3. Interpretasi *Derivative*

Dari proses pemfilteran dengan *moving average* akan didapatkan anomali regional dan anomali residual yang kemudian dapat memperlihatkan nilai anomali rendah dengan adanya batuan dengan kontras rapat massa batuan yang tinggi dan rendah. Analisis *derivative* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative* (SVD) sebanyak 5 lintasan. Hasil dari analisis *derivative* digunakan untuk data pendukung analisis struktur bawah permukaan agar mengetahui sebaran patahan daerah penelitian.

4.3.4. Pemodelan Bawah Permukaan

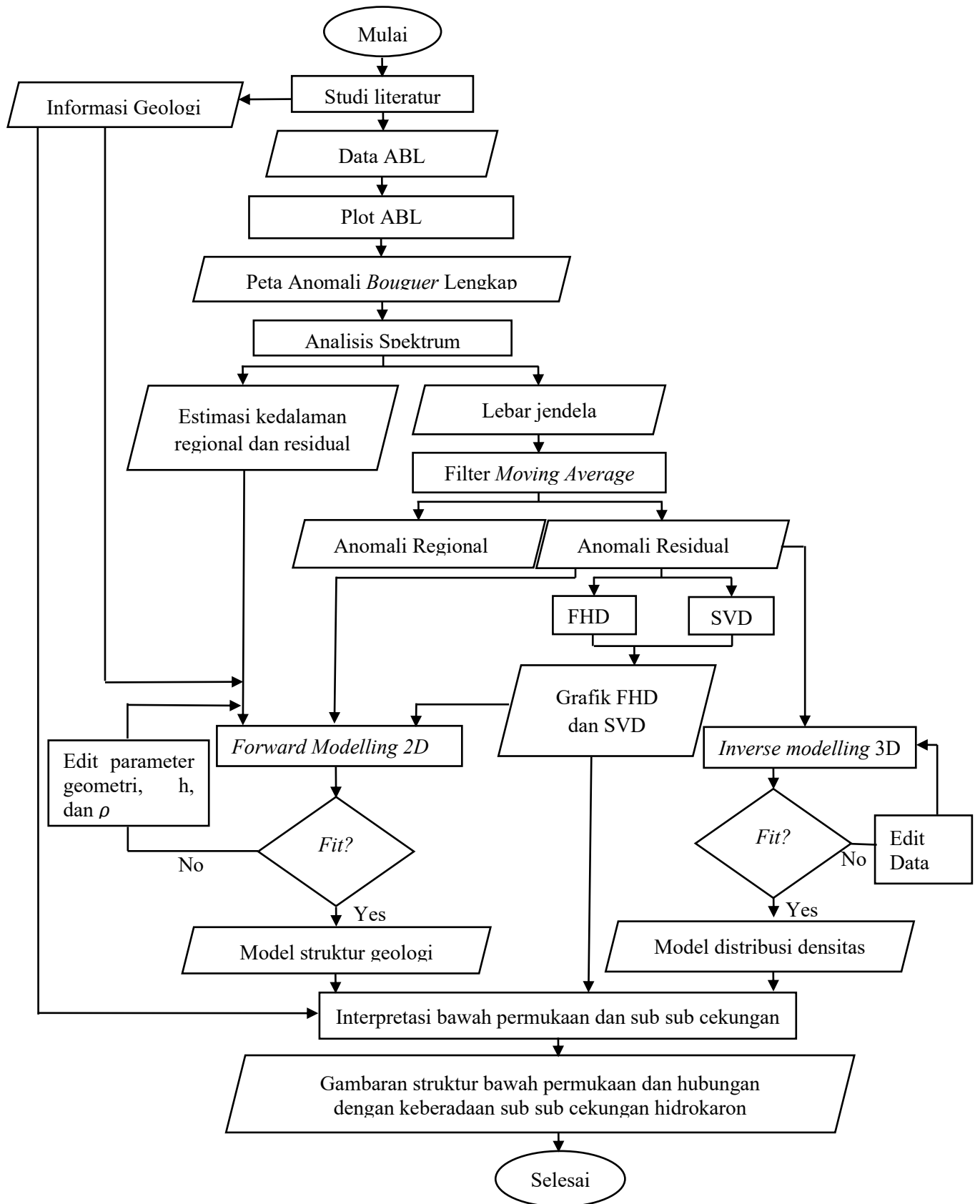
Pemodelan bawah permukaan pada penelitian ini menggunakan forward modelling 2D dan inverse modelling 3D menggunakan software Grablox, Bloxer, dan Geosoft Oasis Montaj. Forward modelling 2D menggunakan GM SYS untuk memodelkan kondisi bawah permukaan berdasarkan parameter yang diketahui. Pada inverse modelling 3D model awal yang dibuat menggunakan Software Grablox 1.6 dengan data masukan (input) berupa anomali residual (*.dat) dan model awal (*.inp). Untuk menampilkan dan melakukan proses editing pada hasil pemodelan, dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Bloxer 1.6. Model yang akan ditampilkan pada Bloxer 1.6. ini memiliki format (*.inp) yang merupakan hasil akhir inversi pada perangkat lunak Grablox 1.6. Pemodelan ini didasarkan pada suatu model yang dihasilkan langsung dari data yang dilakukan dengan memadukan informasi geologi seperti geologi permukaan, struktur geologi, dan stratigrafi pada daerah penelitian.

4.3.5. Interpretasi Bawah Permukaan

Berdasarkan pemodelan 2D akan didapatkan model penampang 2D dan akan diinterpretasi dengan *slice* model 3D untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan. Korelasi yang digunakan untuk struktur bawah permukaan menggunakan hasil analisis *derivative*. Interpretasi juga membahas mengenai sub sub-cekungan hidrokarbon pada daerah penelitian dengan bersumber dari hasil pemodelan.

4.4. Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 18**.



Gambar 18. Diagram alir penelitian.

VI. KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan pada daerah penelitian kesimpulan yang didapat adalah :

1. Berdasarkan perhitungan analisis spektrum didapatkan kedalaman anomali regional 7.517,76 meter dan kedalaman anomali residual 498,74 meter.
2. Hasil analisis anomali residual, FHD, dan SVD anomali *Bouguer* didapatkan adanya sesar berarah NE-SW di bagian timur dan tengah daerah penelitian. Hasil analisis derivative didapatkan beberapa patahan naik dan turun yang menjadi batas sub sub-cekungan serta batas litologi endapan Aluvium (Qa), Formasi Halang (Tmph), dan Formasi Penosogan (Tmpe).
3. Model struktur dan distribusi densitas bawah permukaan menggambarkan kondisi bawah permukaan dimana terdapat beberapa patahan yang membatasi daerah sub sub-cekungan dimana diisi oleh Formasi Halang (Tmph) dengan densitas 2,5 gr/cc dan kontak batas litologi yang menjadi daerah rembesan gas.
4. Berdasarkan identifikasi struktur patahan dan pemodelan didapatkan 4 sub sub cekungan pada daerah penelitian. Dimana daerah sub cekungan pertama yakni Sub sub cekungan Jeruklegi berada di daerah timur daerah penelitian dengan arah barat laut – tenggara. Sub sub-cekungan kedua yakni Sub Sub-Cekungan Sikampuh berada di daerah tengah daerah penelitian dengan arah barat – timur. Sub sub-cekungan ketiga yakni Sub Sub-Cekungan Kroya berada di daerah tengah daerah penelitian dengan arah barat – timur. Sub sub-cekungan keempat yakni Sub Sub-Cekungan Nusawungu berada di daerah barat daerah penelitian dengan arah timur laut – barat daya. Sub sub-cekungan dibatasi oleh tinggian Karang Bolong pada bagian barat dan beberapa patahan yang membatasi sub sub-cekungan.

6.2. Saran

Untuk mengkonfirmasi lebih lanjut perlunya analisis yang mendetail mengenai patahan pada daerah penelitian dikarenakan operator SVD yang digunakan hanya satu. Konfirmasi juga diperlukan untuk mengetahui keberadaan sub sub-cekungan tersebut dengan penelitian lebih lanjut, seperti metode magnetotelurik, mikroseismik dan seismik sehingga dapat diketahui dengan detail model struktur bawah permukaan di daerah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, C., Isyqi, dan Wardhani, F A. 2019. Tipe Magmatik Batuan Beku Formasi Gabon di Tinggian Karangbolong, Kebumen. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(2): 63 – 74.
- Armandita, C., Mukti, M M., dan Satyana, A H. 2009. Intra-Arc Trans-Tension Duplex Of Majalengka To Banyumas Area : Prolific Petroleum Seeps And Opportunities In West-Central Java Border. In: *Proceedings, Indonesian Petroleum Association Thirty-Third Annual Convention & Exhibition*, May 2009. Jakarta.
- Asikin, S. Handoyo, A. Pratistho, B. dan Gafoer, S. 1992. *Geologi Lembar Banyumas, Jawa Tengah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Aufia, Y F. 2017. Pendugaan Patahan Daerah “Y” Berdasarkan Anomali Gayaberat dengan Analisis Derivative. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Bachri, S. 2017. *Pengaruh Kegiatan Tektonik & Vulkanisme Terhadap Sedimentasi Endapan Paleogen-Neogen di Cekungan Serayu, Jawa*. Lipi Press. Jakarta.
- Blakely, R. J. 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic*. Cambridge University Press. New York.
- Brotopuspito, K. S. 2001. *Teori dan Aplikasi Metode Gravitasi*. Universitas Gadjah Mada (UGM).
- Constable, S C., Parker, R L., and Constable, C G. 1987. Models from Electromagnetic Sounding Data. *Geophysics*, 52(3): 289–300.
- Cordell, L., and Grauch, V. I. S. 1982. Mapping Basement Magnetization Zones from Aeromagnetic Data in The San Juan Basin, New Mexico. *1982 SEG Annual Meeting, SEG 1982*, 246–247.

<https://doi.org/10.1190/1.0931830346.ch16>.

- Dickinson, W R. 1993. Basin Geodinamics. *Basin Research*, 5: 1995-1996.
- Diyanti. 2014. Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektral Data Gayaberat. (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Djudjun, A. 2005. Penyelidikan Gaya Berat Daerah Panas Bumi Sipoholon Tarutung Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara. *Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Subdit panas Bumi*. Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral Kementrian SEDM. Jakarta.
- Elkins, T. A. 1951. The Second Derivative Method of Gravity Interpretation. *Geophysics*, 16(1): 29–50. <https://doi.org/10.1190/1.1437648>.
- Erviantari, D. dan Sarkowi, M. 2014. Keberadaan Hidrokarbon Berdasarkan Data Anomali Gaya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 2(1): 13–20.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Herman, D. Z., 2005. Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumberdaya Mineral Daerah Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. *Kolokium Hasil Lapangan*. Bandung: DIM.
- Hidayat, H., Subagio, S., dan Praromadani, Z. S. 2020. Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan Updating Data Gaya Berat Cekungan Banyumas, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 21(3): 111-118. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v21i3.524>.
- Junursyah, G M L., Suteja, A., dan Setyana, B. 2019. Survei Geomagnet Untuk Mendeliniasi Cekungan Sedimen yang Tertutupi Batuan Vulkanik di Daerah Banyumasdan Sekitarnya. *Publikasi Khusus 2019 PSG*. 52-64.
- Jusmi, F. 2016. Pemodelan Tiga Dimensi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Pamancalan Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, Jawa Barat Berdasarkan Analisis Data Anomali Gravitasi. (Skripsi). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Martono. 1992. *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa, skala 1: 100.000, edisi ke dua*. Direktorat Geologi, Bandung.

- Nugraha, P., Supriyadi, dan Yulianti, I. 2016. Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Kota Semarang Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Citra Satelit. *Unnes Physics Journal*, 5(2): 37–41.
- Noeradi D., Subroto E.A., Wahono H.E., Hermanto E., Zaim Y. 2006. Basin Evolution and Hydrocarbon Potential of Majalengka-Bumiayu Transpression Basin, Java Island, Indonesia. In: *Prosiding AAPG International Conference and Exhibition*. Perth.
- Parapat, J. 2017. Analisis Dan Pemodelan Inversi 3D Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Sipoholon Berdasarkan Data Gaya Berat. (Skripsi) Institut Teknologi Sepuluh Nopember.Surabaya.
- Parttijavri, M. 2004. *GRABLOX: Gravity Interpretation and Modelling Software Based on 3D Block Model*. Geological Survey of Finland. Espoo.
- Purwasatriya, E. B., dan Waluyo, G. 2011. Pembuatan Model Geologi Bawah Permukaan dengan Metode Geolistrik dan Studi Stratigrafi pada Rembesan Gas DiJatilawang, Banyumas. *Dinamika Rekayasa*, 7(2): 54-58. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2011.7.2.50>.
- Purwasatriya, E B, Surjono, S S., dan Amijaya, D H. 2017. Oligocene-Pleistocene Paleogeography Within Banyumas Basin and Implication to Petroleum Potential. In: *The 3rd International Conference on Science and Technology. Physical Sciences and Engineering (2018)*,1: 45–51.
- Putra, P S., Sapri H M., dan Mukti, M M. 2007. Studi Sedimentasi Laut Dalam dan Pengaruh Tatanan Tektonik Cekungan Serayu Utara. In *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan Bandung 3 Desember 2007*. Bandung.
- Reynolds, J. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Weley and Son. Chichester.
- Reza, M K., Kahar, S., dan Sabri, L. 2013. Pembuatan Peta Model Undulasi Lokal (Studi kasus: Kecamatan Rao, Kabupaten Pasaman-Sumatera Barat). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 2(3): 53–68.
- Saibi, H., Nishijima, J., Ehara, S., dan Aboud, E. 2006. Integrated Gradient Interpretation Techniques for 2D and 3D Gravity Data Interpretation. *Earth, Planets and Space*, 58(7): 815–821. <https://doi.org/10.1186/BF03351986>.

- Sarkowi, M. 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. *Jurnal Sains MIPA*, 16(2): 111–118.
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sarkowi, M., Fudholi, A., Wibowo, R C., Yogi, I B., Minardi, S., dan Kadir, W G A. 2022. Horizontal Gravity Gradient To Reduce Ambiguity In Gravity Modeling. *Unpublish*.
- Sarkowi, M., dan Wibowo, R. C. 2021. Reservoir Identification of Bac-Man Geothermal Field Based on Gravity Anomaly Analysis and Modelling. *Journal of Applied Science and Engineering (Taiwan)*, 25(2): 329–338. [https://doi.org/10.6180/jase.202204_25\(2\).0009](https://doi.org/10.6180/jase.202204_25(2).0009).
- Satyana, A. H. 2007. New Considerations on the Tectonic Evolution and Petroleum. In: *Proceedings of the Thirty- First Annual Convention, (Jakarta: Indonesian Petroleum Association), May, 2011*. Jakarta.
- Setiadi, I, Setyanta, B., dan Widijono, B. S. 2010. Delineasi Cekungan Sedimen Sumatra Selatan Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 20(2): 93–106. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.20.2.93-106>.
- Setiadi, I, Purwanto, C., Kusnida, D., dan Firdaus, Y. 2019. Interpretasi Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Menggunakan Filter Optimum Upward Continuation dan Pemodelan 3D Inversi : (Studi Kasus: Cekungan Akimeugah Selatan, Laut Arafura). *Jurnal Geologi Kelautan*, 17(1): 33-48. <https://doi.org/10.32693/jgk.17.1.2019.579>.
- Simandjuntak, T.O, dan Surono. 1992. *Peta Geologi Lembar Pangandaran Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Soehaimi, A. 2022. Rencana Kerja Subkooor Pemetaan Tematik (Geomorfologi, Geologi Kuarter, Gayaberat Dan Seismotektonik) Di Daerah Cilacap Tahun Anggaran 2022. *Unpublish*.
- Susanti, D. A., Pujiastuti, D., dan Handayani, L. 2022. Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Formasi Jatibarang Berdasarkan Metode Gaya berat. *Jurnal Fisika Unand*, 11(1): 131–138.
- Talwani, M. Worzel, J.L. and Ladisman, M. 1959. Rapid Gravity Computation for

Two Dimensional Bodies with Application to The Medicino Submarine Fractures Zone. *Journal Geophysical Research*, 64(1): 500–504.

Telford, W M, Geldart, L P, dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics, Second Edition by W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff*. Cambridge University Press. New York.

Tobing, S. 2002. Inventarisasi Endapan Bitumen Padat (Cannel Coal) di Daerah Wangon dan Sekitarnya, Kabupaten Banyumas dan Kabupaten Cilacap, Propinsi Jawa Tengah. In *Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (Issue Dim)*. Jakarta.

Umboh, E. B. G., Mardhotilla, A., Faturahman, R., Sulaiman, M. I., Logis, A. A., dan Al-Baany, M. F. 2018. Forward Modelling Metode Gravity. *University of Pertamina*, 50–59. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5946706>.

Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Government Printing Office, The Hague. Netherland.

Wicaqsono, H. 2016. Analisa Fast Fourier Transform Untuk Penentuan Cekungan dan Pemodelan 2.5D Cekungan Menggunakan Metode Gravity pada Daerah Jawa Barat Bagian Selatan. (Skripsi). Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Yogyakarta.

Zaenudin, A., Dani, I., dan Amalia, N. 2020. Delineasi Sub-Cekungan Sorong Berdasarkan Anomali Gayaberat. *Jurnal Geocelbes*, 4(1): 14 – 22.

Zhao, B. B., and Chen, Y. Q. 2011. Singular Value Decomposition (SVD) for Extraction Of Gravity Anomaly Associated with Gold Mineralization in Tongshi Gold Field, Western Shandong Uplifted Block, Eastern China. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 18(1): 103–109. <https://doi.org/10.5194/npg-18-103-2011>.