

**IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE GRAVITY DI LAPANGAN “X”**

SKRIPSI

Oleh:
M. FAKHRUL ASY'ARI
NIM. 12640017



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE GRAVITY DI LAPANGAN “X”**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
M. FAKHRUL ASY'ARI
NIM. 12640017**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHM
MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE GRAVITY DI LAPANGAN “X”**

Oleh:
M. Fakhrol Asy'ari
NIM.12640017

Telah Diperiksa dan Disetujui
Pada tanggal 16 Mei 2019

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Irjan, M.Si
NIP.19691231 200604 1 003

Ahmad Abtokhi, M. Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE GRAVITY DI LAPANGAN “X”

SKRIPSI

Oleh:

M. Fakhru Asy'ari
NIM. 12640017

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)
Pada Tanggal 16 Mei 2019

Penguji Utama	:	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	:	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Sekretaris Penguji	:	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	:	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Fakhrol Asy'ari

NIM : 12640017

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Gravity Di Lapangan "X".

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Mei 2019
Yang Membuat Pernyataan,

M. Fakhrol asy'ari
NIM. 12640017

MOTTO

لَا تَحْزَنُ إِنَّ اللَّهَ مَعَنَا

**“Janganlah kamu takut dan janganlah kamu bersedih hati.
Sesungguhnya Allah ada bersama kita”**



HALAMAN PERSEMBAHAN

CU PERSEMBAHKAN KARYA INI:

PENGUASA ALAM JAGAT RAYA YANG MENGATUR KEHIDUPAN DI LANGIT
DAN DI BUMI YANG TERINDAH, SEMOGA LEMBARAN-LEMBARAN KARYA INI
MENJADIKAN AMAL SHOLEH

BAGINDA TERCINTA NABI MUHAMMAD SAW , YANG MEMBAWAKAN
KESEJAHTERAAN DALAM BENTUK CAHAYA- ILMU PENGETAHUAN DAN
MEMBERIKAN SURI TAULADAN SERTA SYAFAATNYA DI HARI KIAMAT
BAPAK USMAN ISMAIL DAN IBU LILIK HIDAYATI DAN SEGENAP KELUARGA
BESAR UNTUK KASIH SAYANG DAN DUKUNGAN SERTA DOA YANG TELAH
DIBERIKAN

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, Penulis Dapat Menyelesaikan Skripsi Yang Berjudul **Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Gravity Di Lapangan “X”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan Inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Irjan, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan

ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.

7. Kedua orang tua Bapak Usman Ismail dan Ibu Lilik Hidayati dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman dan para sahabat Fisika 2012, terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

Wassalamu'alaikumWr. Wb.

Malang, Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1 Struktur Pelapisan Bumi	6
2.2 Batubara	7
2.2.1 Cara Terbentuknya Batubara	7
2.2.2 Tempat Terbentuknya Batubara	7
2.2.3 Faktor Pengaruh	8
2.2.4 Bentuk Lapisan Batubara	11
2.3 Geologi Lokal Daerah Tulungagung	12
2.4 Prinsip-Prinsip Gravitasi	13
2.4.1 Teori Gravitasi Newton	13
2.4.2 Metode Gravitasi	14
2.4.3 Potensial Gravitasi Distribusi Massa	15
2.4.4 Rapat Massa	16
2.4.5 Gravitasi Normal	17
2.5 Koreksi Awal	17
2.5.1 Konversi Skala Pembacaan	17
2.5.2 Koreksi Tidal (<i>Tidal Correction</i>)	18
2.5.3 Koreksi <i>Drift</i>	18
2.5.4 Koreksi Gravitasi Normal (<i>gn</i>)	19
2.5.5 Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air</i>)	20
2.5.6 Koreksi Bouguer (<i>Bouguer Correction</i>)	21
2.5.7 Koreksi Medan (<i>Terrain Correctin</i>)	24
2.5.8 Anomali Bouguer	26
2.5.9 Anomali Percepatan Gravitasi.....	26
2.6 Reduksi Bidang datar	27
2.7 Kontinuasi ke Atas (<i>Upward Continuation</i>)	28

BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Data Penelitian	31
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	31
3.3.1 Peralatan Penelitian	31
3.3.2 Akuisisi Data	32
3.3.3 Koreksi Metode Gravity	33
A. Konversi Harga Bacaan Gravimeter	33
B. Koreksi Pasang Surut (<i>Tide Correction</i>)	34
C. Koreksi Apungan (<i>Drift Correction</i>)	34
D. Medan Gravitasi Terkoreksi	34
E. <i>Different in Reading</i> (Δg)	35
F. Medan Gravitasi Observasi	35
G. Medan Gravitasi Teoritis (Koreksi Lintang/ Gravitasi Normal)	35
H. Koreksi Udara Bebas (<i>Free Air Correction</i>)	36
I. Koreksi Bouguer	36
J. Koreksi Medan (<i>Terrain Correction</i>)	36
K. Anomali Bouguer Lengkap	37
L. Reduksi ke bidang datar	38
M. Pemisahan Anomali	38
3.4 Pemodelan struktur bawah permukaan	38
3.5 Interpretasi	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Akusisi Data	40
4.2 Pengolahan Data	41
4.3 Anomali Bouguer Lengkap	42
4.4 Reduksi Bidang Datar	43
4.5 Interpretasi Kualitatif	44
4.6 Interpretasi Kuantitatif	48
4.6.1 Lintasan <i>Slice</i> AB	51
4.6.2 Lintasan <i>Slice</i> CD	51
4.6.3 Lintasan <i>Slice</i> EF	53
4.6.4 Lintasan <i>Slice</i> GH	55
4.7 Model Penampang 3 Dimensi	58
4.8 Konsep Gravity Dalam Al Qur'an	59
4.9 Hikmah Hasil Penelitian	60
BAB V PENUTUP.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kutipan contoh tabel konversi gravimeter tipe <i>G-105333</i>	25
Tabel 4.1	Tabel Hasil Model AB	50
Tabel 4.2	Tabel Hasil Model CD	53
Tabel 4.3	Tabel Hasil Model EF	55
Tabel 4.4	Hasil Model GH	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Geologi Lembar Tulungagung, Jawa Timur	13
Gambar 2.2	Pendekatan Bouguer untuk massa di atas permukaan laut	22
Gambar 2.3	Model <i>Hammer Chart</i> untuk koreksi medan	26
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	30
Gambar 3.2	Diagram Alir	39
Gambar 4.1	Kontur topografi dan titik pengukuran daerah penelitian	42
Gambar 4.2	Kontur anomali Bouger lengkap	43
Gambar 4.3	Kontur hasil reduksi bidang datar	44
Gambar 4.4	Kontur anomali regional hasil kontinuitas keatas	46
Gambar 4.5	Kontur anomali lokal hasil kontinuitas keatas	47
Gambar 4.6	Profil <i>slice</i> AB, CD, EF dan GH pada kontur anomali lokal	48
Gambar 4.7	Lintasan <i>slice</i> AB pada kontur anomali lokal	49
Gambar 4.8	Model penampang anomali lokal lintasan AB	50
Gambar 4.9	Lintasan penampang anomali lokal CD	51
Gambar 4.10	Model penampang anomali lokal lintasan CD	52
Gambar 4.11	Lintasan <i>slice</i> EF pada kontur anomali lokal	53
Gambar 4.12	Model penampang anomali lokal lintasan EF	54
Gambar 4.13	Lintasan <i>slice</i> GH Pada Kontur Anomali Lokal	56
Gambar 4.14	Model penampang anomali lokal lintasan GH	57
Gambar 4.15	Model 3 dimensi penampang AB, CD, EF dan GH daerah penelitian	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1
Lampiran 2

Tabel Data Hasil Konversi
Dokumentasi Kegiatan Akuisisi Data Lapangan



ABSTRAK

Asy'ari, M. Fakhrol. 2019. Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Gravity Di Lapangan "X". Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Irjan, M. Si. (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd.

Katakunci: Metode Gravity, Anomali lokal, Batubara.

Penelitian geofisika dengan metode gravitasi telah dilakukan untuk identifikasi sebaran batubara menggunakan metode gravity di Lapangan "X" menggunakan gravimeter *lacoste romberg* tipe G-1053. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan pada area penelitian berdasarkan metode gravitasi. Data yang diperoleh sebanyak 52 titik pada luasan 110 m x 70 m. Pengambilan data dilakukan secara loop membentuk grid. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menggunakan *Software Surfer* dan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan *Software Oasis Montaj*. Hasil penelitian menunjukkan nilai anomali lokal pada rentang -2,2 mGal hingga 1,6 mGal. Struktur bawah permukaan secara umum tersusun oleh breksi tuf, breksi gunungapi, batu pasir, lempung dan batubara. Keberadaan batubara muda di bawah permukaan ditunjukkan dengan pola kontur sedang. Hasil pemodelan bawah permukaan menunjukkan keberadaan batubara rata-rata pada kedalaman ± 15 m dengan densitas $1,2 \text{ g/cm}^3$.

ABSTRACT

Asy'ari, M. Fakhrol. 2019. An Identification of Coal Distribution by Using the Gravity Method in the field of "X". thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor: (I) Irjan, M. Si. (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd.

Keywords: Gravity Method, local anomalies, Coal.

Geophysical research by using the gravity method has been carried out to identify the distribution of coal using the gravity method in the Field of "X" and using gravimeter of lacoste romberg of type G-1053. The research aims at determining the subsurface geological structure in the research area based on the gravity method. The data was obtained 52 points on an area of 110m x 70m. Data retrieval was done in a loop forming a grid. Qualitative interpretation was done using Surfer Software and quantitative interpretation was done using Oasis Montaj Software. The research results showed the local anomaly values in the range of -2.2mGal to 1.6 mGal. The structure of the subsurface is generally composed of tuff breccia, volcanic breccia, sandstone, clay and coal. The presence of coal under the surface was indicated by a moderate contour pattern. The subsurface modeling results showed the presence of coal on $\pm 15\text{m}$ depth average with a density of 1.2 g/cm^3

ملخص البحث

الأشعري، محمد فخر. 2019. تحديد توزيع الفحم باستخدام طريقة الجاذبية في الميدان "X". البحث الجامعي. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (1) إرجان، الماجستير (2) أحمد أبطخي ، الماجستير

الكلمات الرئيسية: طريقة الجاذبية، الفحم، الشذوذ المحلي، التفسير النوعي، التفسير الكمي، كثافة الفحم. قد قام البحث الجيوفيزيائية باستخدام طريقة الجاذبية لتحديد توزيع الفحم الشاب باستخدام طريقة الجاذبية في الميدان "X" باستخدام مقياس الجاذبية لأكوستي روميرغ للنوع G-1053 يهدف هذا البحث إلى تحديد التركيب الجيولوجي تحت السطح في منطقة البحث القائمة على طريقة الجاذبية. البيانات التي حصلت عليها هي 52 نقاط على مساحة 110 م × 70 م. استرداد البيانات في حلقة تشكل شبكة. قام التفسير النوعي باستخدام Surfer Software والتفسير الكمي باستخدام Oasis Montaj Software دلت النتائج البحث القيم الشاذة المحلية في حدود -2.2 ملغرام إلى 1.6 ملغرام. يتألف هيكل السطح السفلي عمومًا من بريكس تاف ، بريشيا، حجر رملي، طين وفحم شاب. يدل وجود الفحم الشاب تحت السطح بواسطة نمط الكفاف المعتدل. دلت نتائج النمذجة تحت السطحية وجود فحم صغير في المتوسط عند عمق ± 15 متر بكثافة 1.2 غ/سم³.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai sumberdaya mineral termasuk bahan galian industri, salah satunya batubara. Pembentukan pegunungan, aktifitas magma pada gunungapi serta proses sedimentasi yang telah berjalan dalam periode yang lama selalu disertai dengan proses evolusi geologi. Aktivitas-aktivitas ini mengakibatkan terjadinya proses pembentukan bahan galian. Berbagai indikasi adanya proses tersebut banyak dijumpai diberbagai tempat di kepulauan Indonesia.

Batubara merupakan salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik yaitu sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pematubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Zaman ini banyak negara-negara maju menggunakan batubara sebagai salah satu sumber energi. Batubara telah menjadi sumber energi yang ditemukan hampir setiap benua dan memiliki sifat berkelanjutan atau tidak mudah habis dan Indonesia merupakan negara penghasil batubara ke 3 di dunia berdasarkan *Statistical Review of World Energy*. Pada masa sekarang ini dapat diketahui bahwa salah satu bahan bakar terbaik yaitu sumber daya minyak dimana sumber daya minyak semakin menipis dan batubara merupakan salah satu solusi sumber daya pengganti minyak dengan sifat yang berkelanjutan dan tidak mudah habis.

Hal ini sebagaimana telah disinggung dalam al-Quran firman Allah SWT (Qs Al-Hijr [15]: 9-22):

إِنَّا نَحْنُ نَزَّلْنَا الذِّكْرَ وَإِنَّا لَهُ لَحَافِظُونَ ٩ وَلَقَدْ أَرْسَلْنَا مِنْ قَبْلِكَ فِي شِيَعِ الْأُولِينَ ١٠ وَمَا يَأْتِيهِمْ مِنْ رَسُولٍ إِلَّا كَانُوا بِهِ يَسْتَهْزِءُونَ ١١ كَذَلِكَ نَسُتُكُهُ فِي قُلُوبِ الْمُجْرِمِينَ ١٢ لَا يُؤْمِنُونَ بِهِ وَقَدْ خَلَتْ سُنَّةُ الْأُولِينَ ١٣ وَلَوْ فَتَحْنَا عَلَيْهِم بَابًا مِّنَ السَّمَاءِ فَظَلُّوا فِيهِ يَعْرُجُونَ ١٤ لَقَالُوا إِنَّمَا سُكَّرَتْ أَبْصَارُنَا بَلْ نَحْنُ قَوْمٌ مَّسْحُورُونَ ١٥ وَلَقَدْ جَعَلْنَا فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا وَرَآئِهَا لِلنَّظِيرِينَ ١٦ وَحَفِظْنَاهَا مِنْ كُلِّ شَيْطَانٍ رَّجِيمٍ ١٧ إِلَّا مَنْ أَسْتَرَقَ السَّمْعَ فَاتَّبَعَهُ شِهَابٌ مُّبِينٌ ١٨ وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رُوسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْرُونَ ١٩ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرُزْقِينَ ٢٠ وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ ٢١ وَأَرْسَلْنَا الرِّيحَ لَوَاقِحَ فَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخُرْنِينَ ٢٢

“*Sesungguhnya Kami-lah yang menurunkan Al Quran, dan sesungguhnya Kami benar-benar memeliharanya. Dan sesungguhnya Kami telah mengutus (beberapa rasul) sebelum kamu kepada umat-umat yang terdahulu. Dan tidak datang seorang rasulpun kepada mereka, melainkan mereka selalu memperolok-olokkannya. Demikianlah, Kami memasukan (rasa ingkar dan memperolok-olokkan itu) kedalam hati orang-orang yang berdosa (orang-orang kafir), mereka tidak beriman kepadanya (Al Quran) dan sesungguhnya telah berlalu sunnatullah terhadap orang-orang dahulu. Dan jika seandainya Kami membukakan kepada mereka salah satu dari (pintu-pintu) langit, lalu mereka terus menerus naik ke atasnya, tentulah mereka berkata: "Sesungguhnya pandangan kamilah yang dikaburkan, bahkan kami adalah orang-orang yang kena sihir". Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan gugusan bintang-bintang (di langit) dan Kami telah menghiasi langit itu bagi orang-orang yang memandangnya, dan Kami menjaganya dari tiap-tiap syaitan yang terkutuk kecuali syaitan yang mencuri-curi (berita) yang dapat didengar (dari malaikat) lalu dia dikejar oleh semburan api yang terang. Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya. Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu. Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya.*” (Qs Al-Hijr [15]: 9-22).

Dari ayat di atas dijelaskan bahwa diciptakan alam semesta beserta isinya dengan ukuran tertentu. Dijadikan gunung-gunung dan ditumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran untuk keperluan manusia. Tentunya kebutuhan manusia sudah disediakan oleh Allah SWT meliputi tumbuhan, air, dll.

Data sekunder berupa data geologi daerah lapangan "X" bahwa area pengukuran tersusun dari formasi mandalika yang berupa breksi gunungapi, lava, tuf dan bersisipan batupasir dan batu lanau. Secara pengamatan visual pada daerah penelitian terdapat singkapan batubara yang muncul di tengah sungai dan beberapa ada yang tersingkap pada sekitar sungai dan terdapat juga endapan sungai seperti kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur.

Keadaan bawah permukaan khususnya pada batubara, dapat diketahui dengan menggunakan survei geofisika. Salah metode geofisika yang digunakan dalam pencarian keberadaan batubara adalah metode gravity yang didasarkan pada pengukuran variasi medan gravitasi bumi. Pengukuran ini dapat dilakukan di permukaan bumi, di kapal maupun di udara. Dalam metode ini yang dipelajari adalah variasi medan gravitasi akibat variasi rapat massa di bawah permukaan. Prinsip pada metode ini mempunyai kemampuan dalam membedakan rapat massa suatu material terhadap lingkungan sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sebaran batubara dengan menggunakan metode gravity pada daerah penelitian?

2. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan dengan menggunakan metode gravity pada daerah penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian kali ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui sebaran batuan batubara dengan menggunakan metode gravity pada daerah penelitian.
2. Untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan dengan menggunakan metode gravity pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat-manfaat yang bisa diambil dalam penelitian ini diantaranya:

1. Agar dapat mengetahui sebaran batubara dengan menggunakan metode gravity pada daerah penelitian.
2. Agar dapat mengetahui struktur geologi bawah permukaan dengan menggunakan metode gravity pada daerah penelitian.
3. Sebagai info warga setempat akan potensi sebaran batubara.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ada beberapa batasan masalah, diantaranya:

1. Data yang digunakan adalah data primer dari akuisisi data menggunakan instrument gravity merek *LaCoste Romberg* model G-525.
2. Progam yang digunakan adalah *Microsoft Exel 2013*, *Surfer 12*, *Magpick*, *Oasis Montaj*, *Geosoft* dan *Grav-TC*.
3. Area penelitan pada batubara yang sudah tersikap pada lokasi penelitian



BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Struktur Pelapisan Bumi

Pelapisan di dalam tubuh bumi merupakan lapisan yang diskontinu (tidak serba sama). Bagian demi bagian bumi membentuk suatu lapisan-lapisan dengan sifat dan ketebalan yang berbeda-beda. Pembagian lapisan bumi mulai bagian luar sampai inti, terdiri atas: Litosfer yang bersifat keras padat (*rigid solid*) yang meliputi kerak samudera (*oceanic crust*), kerak benua (*continental crust*), astenosfer yang juga disebut mantel bersifat lunak (*capable of flow*), dan inti bumi atau barisfer yang bersifat cair pijar mengandung gas (*latent magmatic*) (Carlson, 2005). Dalam al-Quran Allah SWT telah berfirman At- Talaq (65) ayat 12:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَنْزِلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا ۚ ١٢

“Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi) tujuh lapis bumi. (Turunlah perintah) wahyu-Nya (di antaranya) di antara langit dan bumi, malaikat Jibril turun dari langit yang ketujuh hingga ke bumi lapis tujuh (agar kalian mengetahui”) Qs At- Talaq (65) ayat 12.

Dari ayat di atas terbukti bahwa bumi dan langit diciptakan 7 lapis. Lafal “*lita'lamuu*” berta'alluq kepada lafal yang tidak disebutkan, yakni Allah memberi tahu kepada kalian akan hal tersebut, yaitu mengenai masalah penciptaan dan penurunan wahyu-Nya, bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu (Shihab, 2007).

2.2 Batubara

2.2.1 Cara Terbentuknya Batubara

Batubara terbentuk dari endapan sisa-sisa tumbuhan dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai ratusan juta tahun) di bawah pengaruh fisika, kimia ataupun keadaan geologi.

2.2.2 Tempat Terbentuknya Batubara

Untuk menjelaskan tempat terbentuknya batubara dikenal 2 macam teori yaitu:

a. Teori Insitu

Teori ini mengatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terbentuknya dimana tumbuh-tumbuhan asal itu berada, dengan demikian maka setelah tumbuhan tersebut mati belum mengalami proses transportasi semua tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran merata, kualitasnya lebih baik karena kadar abunya relatif kecil (Krevalen, 1993). Batubara yang terbentuk seperti ini didapatkan di lapangan batubara Muara Enim (Sumatra Selatan).

b. Teori Drift

Teori ini menyebutkan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi ditempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan berakumulasi disuatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batuan yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran tidak luas, tetapi dijumpai di beberapa tempat, kualitas

kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama proses pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi. Batubara yang terbentuk seperti ini di Indonesia didapatkan di lapangan batubara Delta Mahakam Purba Kalimantan Timur (Amperadi, 2005).

2.2.3 Faktor Pengaruh

Cara terbentuknya batubara merupakan proses yang kompleks. Terdapat serangkaian faktor yang diperlukan dalam pembentukan batubara yaitu (Hotton and Jones, 1995) :

a. Posisi Geotektonik

Posisi Geotektonik adalah suatu tempat yang keberadaannya dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik lempeng. Dalam pembentukan cekungan batubara, posisi geotektonik faktor yang dominan. Posisi ini akan mempengaruhi iklim lokal dan morfologi cekungan pengendapan batubara maupun kecepatan penurunannya. Pada fase terakhir, posisi geotektonik mempengaruhi proses metamorosa organik dan struktur dari lapangan batubara melalui masa sejarah setelah pengendapan akhir.

b. Topografi (Morfologi)

Morfologi dari cekungan pada saat pembentukan gambut sangat penting karena menentukan penyebaran rawa-rawa dimana batubara tersebut terbentuk. Topografi mungkin mempunyai efek yang terbatas terhadap iklim dan keadaannya tergantung pada posisi geotektonik.

c. Iklim Daerah

Kelembapan memegang peranan penting dalam pembentukan batubara dan merupakan faktor pengontrol pertumbuhan flora dan kondisi yang sesuai. Iklim tergantung pada posisi geografi dan lebih luas lagi dipengaruhi oleh posisi geotektonik.

d. Proses penurutan cekungan sedimentasi

Penurunan cekungan batubara dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik. Jika penurunan dan pengendapan gambut seimbang akan dihasilkan endapan batubara tebal. Pergantian transgresi dan regresi mempengaruhi pertumbuhan flora dan pengendapannya. Hal tersebut menyebabkan adanya infiltrasi material dan mineral yang mempengaruhi mutu dari batubara yang terbentuk.

e. Umur Geologi

Proses geologi menentukan berkembangnya evolusi kehidupan berbagai macam tumbuhan. Makin tua umur batuan makin dalam penimbunan yang terjadi, sehingga terbentuk batubara yang bermutu tinggi. Tetapi pada batubara yang memiliki umur geologi yang lebih tua selalu ada resiko mengalami deformasi tektonik yang membentuk struktur perlipatan atau patahan pada lapisan batubara.

Di Indonesia, batubara dapat didapatkan pada cekungan sedimentasi yang berumur tersier (kurang lebih berumur 70 juta tahun yang lalu). Dalam hitungan waktu geologi, 70 tahun yang lalu masih dianggap terlalu muda. Batubara yang terdapat di cekungan sedimentasi di pulau Sumatra dan Kalimantan belum

mengalami proses *coalification* sempurna. Hal ini akan berakibat, mutu batubara yang didapatkan di kedua pulau tersebut belum mempunyai kualitas baik, masih tergolong pada jenis batuan bitumina, belum sampai pada jenis antrasit (yang dianggap rank batubara tertinggi) (Amperadi, 2005).

f. Tumbuh-tumbuhan

Present is the key to the past merupakan salah satu konsep geologi yang mampu menjelaskan kaitan antara mutu batubara dengan tumbuhan semula yang merupakan bahan utama pembentuk batubara. Flora merupakan unsur utama pembentuk batubara. Pertumbuhan dari flora terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu.

g. Dekomposisi

Dekomposisi flora yang merupakan bagian dari transformasi biokimia dari organik merupakan titik awal untuk seluruh alterasi.

h. Sejarah sesudah pengendapan

Sejarah cekungan batubara secara luas bergantung pada posisi geotektonik yang mempengaruhi perkembangan batubara dan cekungan batubara. Secara singkat terjadi proses geokimia dan metamorfosa organik setelah pengendapan gambut. Disamping itu sejarah geologi endapan batubara bertanggung jawab terhadap terbentuknya struktur cekungan batubara, berupa perlipatan, persesaran, intruksi magmatik dan sebagainya.

i. Struktur cekungan batubara

Terbentuknya batubara pada cekungan batubara pada umumnya mengalami deformasi oleh gaya tektonik, yang akan menghasilkan lapisan

batubara dengan bentuk-bentuk tertentu. Disamping itu adanya erosi yang intensif menyebabkan bentuk lapisan batubara tidak menerus.

j. Metamorfosa Organik

Tingkat kedua dalam proses pembentukan batubara adalah penimbunan atau penguburan oleh sedimen baru. Apabila telah terjadi penimbunan proses degradasi biokimia tidak berperan lagi tapi mulai digantikan dan didominasi oleh proses dinamokimia. Proses ini menyebabkan terjadinya perubahan gambut menjadi batubara dalam berbagai mutu. Peningkatan mutu batubara sangat ditentukan oleh faktor tekanan dan waktu. Tekanan dapat diakibatkan oleh lapisan sedimen penutup yang tebal, atau karena tektonik. Makin lama selang waktu semenjak degradasi hingga berubah menjadi batubara. Faktor-faktor tersebut mengakibatkan bertambahnya tekanan dan percepatan proses metamorfosa organik. Proses ini akan mengubah gambut menjadi batubara sesuai dengan perubahan kimia, fisika dan tampak pula pada sifat optiknya.

Dari uraian yang tersebut di atas, nyata bahwa paling tidak terdapat sepuluh parameter yang berpengaruh dalam pembentukan batubara. Untuk menentukan faktor mana yang paling berpengaruh hanya mungkin dapat diinterpretasikan berdasarkan atas data, gejala, dan kenampakan yang dijumpai di lapangan tempat batubara tersebut ditambang (Amperadi, 2005).

2.2.4 Bentuk Lapisan Batubara

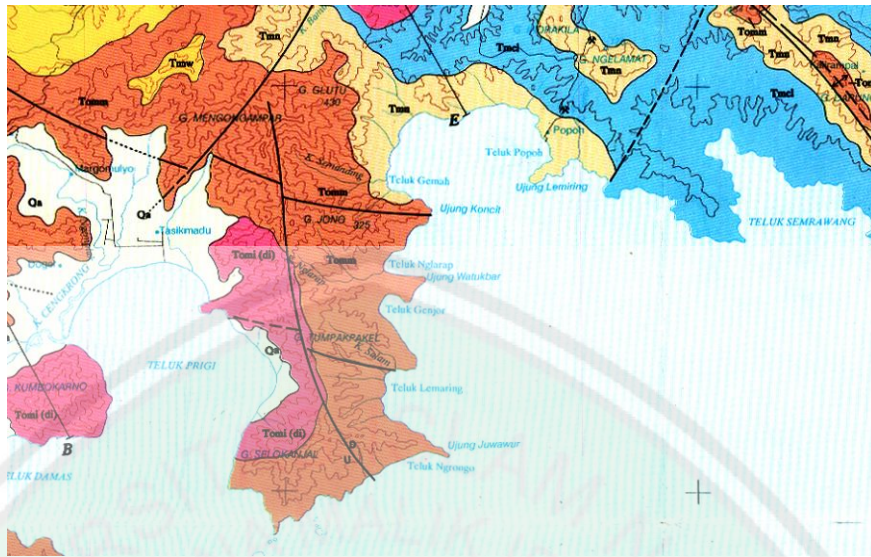
Pengalaman di lapangan batubara, pada saat melakukan eksplorasi, didapatkan lapisan batubara yang tipis hingga tebal sampai puluhan meter. Di lapangan batubara Samarinda, Kalimantan Timur pada tahapan pemboran eksplorasi, saat dilakukan pemboran inti (*coring*) diperoleh *core* batubara yang

menerus hingga ratusan meter. Sesudah dilakukan rekonstruksi struktur geologi dari struktur pemetaan geologi berdasarkan atas singkapan batubara di lapangan, diketahui bahwa lapisan batubara tempat pemboran dilakukan, telah mengalami perubahan kedudukan lapisan yang semula miring menjadi tegak, akibat tektonik yang berpengaruh di daerah tersebut.

Batubara pada daerah penelitian merupakan batubara muda. Berdasarkan hasil uji lab menggunakan metode *SEM-EDX* menunjukkan kandungan karbon (C) pada lokasi penelitian nilainya kurang dari 10% (Wahidah, 2017).

2.3 Geologi Lokal Daerah Tulungagung

Pada area penelitian menurut panduan geologi yaitu Formasi Mandalika: breksi gunungapi, lava, tuf dan bersisipan batupasir dan batulanau. Breksi gunungapi bewarna kelabu kecoklatan hingga kelabu kehijauan, kompak, pejal; terdiri dari komponen andesit, dasit, diorit dan basal, berukuran 3 – 30 cm, menyudut membulat tanggung, kemas tertutup, terpilah sangat buruk dan bermasa dasar batupasir tufan kasar. Sebagian besar batumannya terubah dan terkisikkan, sehingga bewarna kehijauan. Tebalnya beragam, dari 5 sampai lebih dari 10 m (H. Samodra,dkk ,1992).



Gambar 2. 1 Peta Geologi Lembar Tulungagung, Jawa Timur (H. Samodra, Suharsono, S.Gafoer & T.Suwarti, 1992)

2.4 Prinsip-Prinsip Gravitasi

2.4.1 Teori Gravitasi Newton

Menurut Jacobs (1974) Teori Gravitasi didasarkan oleh hukum Newton tentang gravitasi. Hukum gravitasi Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua buah benda adalah sebanding dengan massa kedua benda tersebut dan berbanding terbalik dengan jarak kuadrat antara pusat massa kedua benda tersebut (Nurchayati, 2016).

Hukum gravitasi Newton (Burger, 1992) :

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

(2.1)

Dimana, konstanta gravitasi (G) = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$. Sedangkan hukum Newton lainnya adalah mengenai gerak yang menyatakan bahwa gaya

(F) adalah perkalian antara massa dengan percepatan. Hukum Newton mengenai gerak Newton, yaitu (Burger, 1992) :

$$F = mg \quad .(2.2)$$

Persamaan (2.1) disubstitusikan ke persamaan (2.2), maka di dapat (Burger, 1992) :

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (2.3)$$

Persaman terakhir ini menunjukkan bahwa besarnya percepatan yang disebabkan oleh gravitasi di bumi (g) adalah berbanding lurus dengan massa bumi (M) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jari-jari bumi (R). Dalam teori, nilai gravitasi bumi besarnya sama diseluruh permukaan bumi. Dalam kenyataannya nilai gravitasi bervariasi di setiap tempat karena bentuk bumi pepat akibat rotasi bumi, bentuk topografi permukaan bumi yang tidak teratur serta distribusi massa yang bervariasi terutama di dekat permukaan (Santoso, 2002).

2.4.2 Metode Gravitasi

Metode gravitasi merupakan metode penyelidikan dalam geofisika yang didasarkan pada variasi medan gravitasi di permukaan bumi. Dalam metode ini yang dipelajari adalah variasi gravitasi akibat variasi rapat massa bawah batuan di bawah permukaan, sehingga dalam pelaksanaannya yang diselidiki adalah perbedaan gravitasi dari satu titik pengamatan terhadap pengamatan lainnya (Sulistianingsih, 2009).

Menurut Sunaryo (1997) dalam metode gravitasi, pengukuran dilakukan terhadap nilai komponen vertikal dari percepatan gravitasi di suatu tempat. Namun pada kenyataannya, bentuk bumi tidak bulat sehingga terdapat variasi nilai percepatan gravitasi untuk masing-masing tempat. Hal-hal yang dapat mempengaruhi nilai percepatan gravitasi adalah perbedaan derajat garis lintang, perbedaan ketinggian (*topografi*), kedudukan bumi dalam tata surya, variasi rapat massa batuan di bawah permukaan bumi, perbedaan elevasi tempat pengukuran dan hal lain yang dapat memberikan kontribusi nilai gravitasi, misalnya bangunan dan lain-lain (Taufiquddin, 2014).

2.4.3 Potensial Gravitasi Distribusi Massa

Menurut Telford (1990) Pada potensial gravitasi berlaku prinsip superposisi yaitu potensial gravitasi dari sekumpulan massa dari masing-masing massa. Beda potensial pada partikel uji merupakan penjumlahan vektor dari potensial massa. Prinsip superposisi dapat diterapkan untuk potensial gravitasi pada distribusi massa yang kontinu. Suatu distribusi massa yang kontinu m adalah sekumpulan massa yang sangat kecil dan banyak, $dm = \rho(x,y,z) dv$, dimana $\rho(x,y,z)$ adalah densitas distribusi massa. Dengan menerangkan prinsip supersposisi maka didapatkan (Torkis, 2012):

$$U(p) = \gamma \int_v \frac{dm}{r} = \gamma \int_v \frac{\rho(Q)}{r} dv \quad (2.4)$$

Dimana pengintegralan meliputi v , volume sebenarnya dari massa. Sedangkan P merupakan titik pengamatan, Q merupakan titik pengintegralan

dan r adalah jarak antara P dan Q. Densitas memiliki satuan gr.cm^{-3} (Telford, 1990; Torkis 2012) :

2.4.4 Rapat Massa

Menurut Kadir (1999) Rapat massa (ρ) merupakan perbandingan massa terhadap volume suatu benda. Suatu batuan dengan pori-pori yang terisi oleh fluida (air, minyak atau gas) dapat dinyatakan sebagai rapat massa dengan n komponen. Fraksi dan rapat massa fraksi masing-masing V_i dan ρ_i dapat dinyatakan dengan persamaan (Taufiquddin, 2014) :

$$\rho = \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{V} \rho_i \quad (2.5)$$

Apabila fraksi disederhanakan menjadi tiga bagian yaitu fraksi matriks padat, fraksi liquid dan fraksi gas, maka persamaan di atas menjadi (Kadir, 1999) :

$$\rho = \frac{V_m}{V} \rho_m + \frac{V_f}{V} \rho_f + \frac{V_g}{V} \rho_g \quad (2.6)$$

Dimana ρ_m , ρ_f , ρ_g masing-masing adalah rapat massa material matriks, rapat massa fluida dan rapat massa gas. Persamaan diatas menjelaskan bahwa rapat massa dipengaruhi oleh perubahan saturasi fluida atau perubahan massa komponen-komponennya. Apabila rapat massa komponen pembentukannya tetap maka porositas batuan tidak berubah (Kadir, 1999). Anomali gravitasi ini berhubungan langsung dengan adanya perubahan rapat massa sebagai akibat adanya perubahan material yang mengisi volume pori sumber anomali (Taufiquddin, 2014).

2.4.5 Gravitasi Normal

Menurut Blakely (1995) Gravitasi normal adalah gravitasi teoritis pada permukaan laju rata-rata yang merupakan fungsi dari lintang geografi. Harga gravitasi normal telah banyak dirumuskan berdasarkan konstanta-konstanta yang diperhitungkan. Di tahun 1967 *Geodetic Reference System* merumuskan IGF 1967 adalah (Nurchayati, 2016) :

$$g = 978031,846(1 + 0,0053024\sin 2\lambda - 0,0000058\sin 22\lambda) \quad (2.7)$$

Dimana λ adalah sudut lintang. Gravitasi memiliki satuan $\text{m}\cdot\text{det}^{-2}$ (dalam SI), dimana $1 \text{ Gal} = 1\text{cm}/\text{det}^2 = 10^{-2} \text{ m}/\text{det}^2$ (Nurchayati, 2016).

2.5 Koreksi Awal

2.5.1 Konversi Skala Pembacaan

Nilai pembacaan alat gravitometer yang diperoleh dari suatu pengukuran adalah dalam besaran skalar yang harus dikonversi ke dalam satuan percepatan gravitasi (dalam satuan m Gal) (Sunaryo, 1997). Hal ini dilakukan dengan menggunakan tabel konversi dari alat gravitometer yang digunakan dalam penelitian. Perumusan yang digunakan dalam melakukan konversi skala pembacaan tersebut sebagai berikut (Wachidah, 2018) :

$$\text{mGal} = [\{ (\text{Bacaan-counter}) \times \text{Faktor Interval} \} + \text{mGal}] \times \text{CCF} \quad (2.8)$$

dimana nilai CCF (*Calibration Correction Factor*) merupakan faktor kalibrasi dari alat gravitometer. Konversi pembacaan ini dilakukan untuk seluruh dalam setiap titik pengukuran.

2.5.2 Koreksi Tidal (*Tidal Correction*)

Menurut Longman (1959) Bulan dan matahari memiliki pengaruh yang paling besar dibanding benda-benda langit lainnya karena faktor massa dan jaraknya dari bumi, sehingga benda langit lainnya dapat diabaikan. Untuk menghilangkan perubahan nilai gravitasi akibat pengaruh benda-benda langit khususnya matahari dan bulan, maka data hasil pengukuran dikenakan koreksi pasang surut bumi dengan rumusan di bawah ini (Wachidah, 2018) :

$$Tdc = \frac{3\gamma r}{2} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2M}{3d^2} (\sin^2 p - 1) + \frac{Mr}{d^4} (5\cos^3 p - 1\cos p) \\ + \frac{2S}{3D^3} (3\cos^2 q - 1) \end{array} \right\} \quad (2.9)$$

Dimana:

- p = sudut zenith bulan
- q = sudut zenith matahari
- M = massa bulan
- S = massa matahari
- d = jarak antara pusat bumi dan bulan
- D = jarak antara pusat bumi dan matahari
- γ = konstanta Gravitasi Newton
- r = jarak pengukuran dari pusat bumi

2.5.3 Koreksi *Drift*

Dikarenakan sering terjadi guncangan pada saat pengukuran (transportasi), mengakibatkan bergesernya pembacaan titik nol pada alat (pada alat gravitometer tidak diklem sehingga pegas tetap bekerja). Koreksi ini dilakukan dengan cara membuat lintasan tertutup pada titik-titik pengukuran (*loop* tertutup), yaitu dengan cara melakukan pengukuran ulang pada stasiun awal (titik ikat pada tiap *loop*). Besarnya koreksi *drift* adalah (Wachidah, 2018) :

$$D_n = \left\{ \frac{(g_b - g_a)}{(t_b - t_a)} (t_n - t_a) \right\} \quad (2.10)$$

Dimana:

= Koreksi *drift* pada waktu pembacaan titik ikat

g_a = Pembacaan gravitometer di titik awal

g_b = Pembacaan gravitometer di titik akhir

t_a = Waktu pembacaan di titik awal

t_b = Waktu pembacaan di titik akhir

= Waktu pembacaan di titik pengamatan

2.5.4 Koreksi Gravitasi Normal (g_n)

Karena bumi yang berotasi dan ellipsoid, menyebabkan jari-jari bumi bervariasi untuk lintang yang berbeda. Percepatan sentrifugal menyebabkan rotasi bumi maksimum di katulistiwa dan nol di kutub, hal ini berlawanan dengan percepatan gravitasi yang lebih besar di kutub dibandingkan di katulistiwa. Kiranya perlu dibuat suatu bentuk perumusan g_0 sebagai fungsi kedudukan lintang, yang kemudian biasa di sebut gravitasi teoritis atau koreksi gravitasi normal ($g_n(\theta)$) (Blakely, 1995). Selama beberapa tahun perumusan harga gravitasi normal mengalami perbaikan. Perumusan menurut *Geodetic Reference System* yang mengacu pada bentuk bumi secara teoritis adalah sebagai berikut (Taufiquddin, 2014) :

- *International association of Geodesy* mengembangkan *Geodetic Reference System* 1980, yang menuntun pada *World Geodetic System* 1984 (WGS84) dalam rumusan yang lebih sempurna (Blakely, 1995; Taufiquddin, 2014):

$$g_n = 9.7803267714 \left(\frac{1 + 0.0019385138639 \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - 0.00669437999013 \sin^2 \lambda}} \right) \quad (2.11)$$

Dimana g_n dalam m.sec^{-2} dan λ adalah sudut lintang (Blakely, 1995;

Taufiquddin, 2014).

2.5.5 Koreksi Udara Bebas (*Free Air*)

Untuk hasil pengukuran gravitasi di laut dapat langsung dibandingkan dengan nilai gravitasi normal (g_n) karena bidang geoid bersesuaian dengan permukaan laut. Pengukuran gravitasi di daratan harus dikenakan koreksi akibat ketinggian tempat yang berada di bawah atau di atas permukaan laut (Dobrin, 1960). Koreksi udara bebas didasari kenyataan bahwa gravitasi bumi secara keseluruhan dapat dianggap sama seandainya massa terkonsentrasi di pusatnya. Jika ketinggian gravitometer dirubah, maka jarak dari pusat bumi berubah dengan nilai yang sama besar (Wachidah, 2018).

Menurut Blakely (1995) Jika jarak dari permukaan sferoid ke pusat bumi adalah r dan ketinggian pengukuran gravitasi di titik amat dari bidang sferoid adalah h (dimana $h \ll r$) jika $g(r)$ mewakili gravitasi pada bidang geoid atau gravitasi normal, maka percepatan gravitasi di titik amat mengikuti deret Taylor (Wachidah, 2018) :

$$g(r+h) = g(r) + h \frac{\partial}{\partial r} g(r) + \frac{h^2}{2} \frac{\partial^2}{\partial r^2} g(r) + \dots \quad (2.12)$$

Dengan mengabaikan faktor yang berorder tinggi di dapat (Blakely, 1995) :

$$g(r) = g(r+h) - h \frac{\partial}{\partial r} g(r) \quad (2.13)$$

Apabila percepatan gravitasi di permukaan bumi adalah $g(r) = -\gamma M/r^2$ maka koreksi udara bebas (Blakely, 1995; Wachidah, 2018) :

$$g(r) = g(r+h) - \frac{2g(r)}{r} h$$

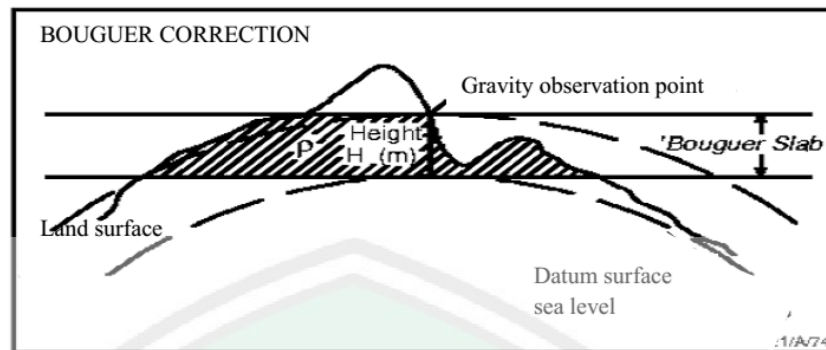
$$g(r+h) - g(r) = \frac{2g(r)}{r} h$$

$$g_{fa} = -0.3086 \times 10^{-5} h \quad (2.14)$$

Dimana h adalah ketinggian di atas permukaan laut. Persamaan (2.14) sesuai dengan satuan SI (g_{fa} dalam $\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$, h dalam m) dan satuan CGS (g_{fa} dalam gal , h dalam cm) karena g_{fa}/h satuannya sec^{-2} (Wachidah, 2018).

2.5.6 Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*)

Dalam koreksi udara bebas dan gravitasi normal massa di bawah titik pengukuran harus diperhitungkan. Jadi koreksi bouguer tergantung pada ketinggian titik amat dari bidang datum dan rapat massa batuan antara titik amat dan bidang datum (Burger, 1992). Koreksi bouguer harganya berlawanan dengan koreksi udara bebas, dikurangkan jika titik amat berada di atas bidang datum dan ditambahkan bila titik amat berada di bawah bidang datum (Islamiyah, 2015).



Gambar 2. 2 Pendekatan Bouguer untuk massa di atas permukaan laut (Telford, 1990; Islamiyah, 2015)

Besarnya koreksi bouguer adalah (Sunaryo, 1997; Islamiyah, 2015) :

$$\begin{aligned} B_c &= 0,04193 \rho h \text{ mgal/m atau} \\ &= 0,01273 \rho h \text{ mgal/ft} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Dimana:

ρ = Rapat massa bouguer

h = Ketinggian titik pengukuran dari bidang sferoid

rumusan ini berlaku dengan asumsi bahwa bidang bouguer merupakan pelat dasar tak hingga.

Mendefinisikan bahwa massa yang terletak antara permukaan topografi dan bidang sferoida dapat di bagi menjadi dua bagian :

- a. Bagian massa yang terletak antara bidang bouguer dan sferoida referensi di mana efek dari massa ini disebut efek bouguer. Anomali yang dihasilkan setelah dilakukan koreksi bouguer terhadap anomali udara bebas disebut anomali bouguer sederhana.
- b. Bagian massa yang berada di atas bidang bouguer menghasilkan efek yang disebut efek Medan (*Terrain Effect*). Anomali yang dihasilkan setelah

dilakukan koreksi medan terhadap anomali bouguer sederhana disebut anomali bouguer lengkap.

Pada koreksi bouguer dan koreksi *terrain* ada satu nilai yang belum diketahui, yaitu densitas bouguer yang merupakan rata-rata untuk seluruh massa di bawah permukaan. Densitas batuan dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adalah rapat massa butir pembentuknya, porositas, kandungan fluida, yang mengisi pori-porinya, serta pemadatan akibat tekanan dan pelapukan yang dialami batuan tersebut.

Metode penentuan densitas lapisan permukaan kerak bumi (densitas Bouguer) :

1. Densitas bouguer standar = 2670 kg/m^3 sebagai densitas kerak bumi rata-rata.
2. Pengukuran langsung seperti pengumpulan sampel batuan baik dari permukaan dan sumur bor.
3. Dari peta geologi untuk mendapatkan jenis batuan, kemudian dilihat harga densitasnya pada table densitas batuan.
4. Profil densitas (metode *Nettleton*).
 - a. Secara grafis yaitu dengan membuat profil topografi dan profil anomali Bouguer untuk densitas yang berbeda-beda dari tiap lintasan yang dipilih sebagai densitas bouguer adalah densitas yang profil anomali bouguernya memiliki koreksi paling minimum dengan profil topografi.
 - b. Secara analitik, yaitu dengan menggunakan persamaan matematis untuk menghitung koefisien korelasi dari semua data pengukuran. Cara ini

sangat baik karena memasukkan semua data pengukuran gravitasi sehingga menjadi korelasi silang dua dimensi. Persamaan analitik yang digunakan untuk menghitung koefisien korelasi (k) adalah :

$$k = \frac{\sum_{k=1}^n [\Delta g_k(\rho_1) - \Delta g] [h_k - h]}{\sqrt{\sum_{k=1}^n [\Delta g_k(\rho_1) - \Delta g(\rho_1)]^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n [h_k - h]^2}} \quad (2.16)$$

Dengan $\Delta g(\rho)$ adalah anomali bouguer sederhana. Jika $k = 0$ maka harga-harga elevasi tidak terkorelasi, yang berarti bahwa densitas yang diasumsikan merupakan harga densitas massa topografi yang tepat

5. Metode parsnis dengan versi yang serupa, merupakan pendekatan analitis yang mirip dengan metode grafik *Nettleton*. Yaitu dengan asumsi bahwa tidak ada korelasi antara topografi dan densitas permukaan sehingga anomali tersebar secara acak bersamaan dengan ketinggian. Hal ini menyebabkan korelasi antara topografi dan g akan mengacu pada lapisan bouguer. Dengan mengplot harga $\Delta g_{\text{obs}} = 0,3086h$ pada sumbu X terhadap harga $(-0,04193h + TC)$ pada sumbu Y dimana TC adalah koreksi medan, kemudian dicari persamaan garis regresinya melalui titik nol, maka harga koefisien kemiringan akan mendekati harga ρ .

2.5.7 Koreksi Medan (*Terrain Correctin*)

Kondisi topografi disekitar titik pengamatan terkadang tidak beraturan seperti adanya lembah atau bukit yang juga mempengaruhi nilai gravitasi di titik pengamatan. Bukit mempunyai efek yaitu memperkecil percepatan gravitasi. Karena itu koreksi *terrain* untuk bukit ini harus ditambahkan yang berarti bahwa

lembah disekitar titik pengamatan dianggap mempunyai massa batuan (Sari, 2012).

Karena efek ini telah terkurangkan pada saat koreksi bouguer, maka koreksi *terrain* untuk lembah harus ditambahkan untuk mengembalikan efek bouguer tersebut. Secara topografi dapat diambil bentuk silindris konsentris yang terbagi menjadi zona-zona dan kompartemen dengan ketinggian yang berbeda-beda dan ditulis dalam bentuk rumus di bawah ini (Burger, 1992; Sari, 2012) :

$$TC = 2\pi\gamma\rho \left[R_2 - R_1 + \sqrt{(R_1^2 + \Delta h^2)} - \sqrt{(R_2^2 + \Delta h^2)} \right] \quad (2.17)$$

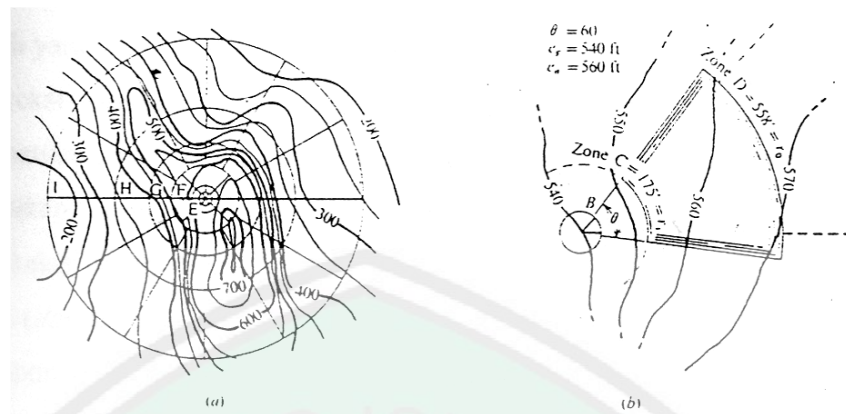
Dimana:

R_1 = radius bagian dalam suatu zona

R_2 = radius bagian luar dalam suatu zona

Δh = Beda ketinggian dari titik pengamatan

Dalam pelaksanaan perhitungan koreksi ini, maka digunakan *hammer chart* yang transparan seperti pada gambar 2.3. *Hammer chart* membagi daerah titik pengamatan atas zona-zona dan kompartemen yang merupakan bagian dari silinder konsentris (Dobrin, 1960; Indarwati, 2016).



Gambar 2. 3 Model *Hammer Chart* untuk koreksi medan (Telford, 1990; Taufiquddin, 2014).

2.5.8 Anomali Bouguer

Menurut Sunaryo (1997) Anomali Bouguer merupakan suatu pemaparan dari gravitasi yang paling umum untuk memperkirakan gambaran kondisi bawah permukaan berdasarkan kontras rapat massa batuan. Dengan demikian nilai anomali bouguer dapat dirumuskan sebagai berikut (Indarwati, 2016) :

$$BA = g_{\text{obs}} - g_{\phi} + FAC + BC + TC \quad (2.18)$$

Dimana:

- g_{obs} = Harga gaya gravitasi pengukuran di titik tersebut
- 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.

2.5.9 Anomali Percepatan Gravitasi

Setelah dilakukan konversi terhadap data percepatan gravitasi hasil pengukuran, maka akan diperoleh anomali percepatan gravitasi yaitu (Blakely, 1995; Wachidah, 2018) :

- a) Anomali udara bebas (Δg_{fa}).

$$\Delta g_{fa} = g_{ob} - g_n + 0.03086h (+T_{dc})$$

(2.19)

- b) Anomali Bouguer (g_{bg})

1. Anomali Bouguer sederhana (Δg_{bgs})

$$\Delta g_{bgs} = g_{ob} - g_n + 0.03086h - 0.04193\rho h (+T_{dc}) \quad (2.20)$$

2. Anomali Bouguer Lengkap (Δg_{bg})

$$\Delta g_{bg} = g_{ob} - g_n + 0.03086h - 0.04193\rho h + T_c (+T_{dc}) \quad (2.21)$$

2.6 Reduksi Bidang datar

Data anomali bouguer lengkap masih berada pada permukaan topografi dengan ketinggian yang bervariasi sedangkan dalam analisa lanjut diperlukan data anomali medan gaya berat yang berada pada bidang datar. Hal ini dapat diatasi dengan membawa anomali bouguer lengkap tersebut ke bidang datar pada ketinggian tertentu menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa (Dampney, 1969) dan metode pendekatan deret Taylor. Proses dengan menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa ini adalah menentukan sumber ekuivalen titik massa diskrit pada kedalaman tertentu di bawah permukaan dengan memanfaatkan data anomali bouguer lengkap permukaan. Kemudian dihitung medan gravitasi teoritis yang diakibatkan oleh sumber ekuivalen tersebut pada suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu (Islamiyah, 2015).

Persamaan dasar yang digunakan dalam proses ini adalah (Dampney, 1969; Islamiyah, 2015) :

$$\Delta g(x, y, z) = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sigma(\alpha, \beta, h)(h - z) d\alpha d\beta}{((x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 + (z - h)^2)^{3/2}} \dots \quad (2.22)$$

Dimana:

$\Delta g(x, y, z)$ = Anomali medan gravitasi bouguer lengkap

$\sigma(\alpha, \beta, h)$ = Distribusi kontras densitas meliputi bidang $z = h$

z = Sumbu vertikal dengan arah positif ke bawah

h = Kedalam sumber ekuivalen titik massa dari datum (sferoida acuan)

Selain metode sumber ekuivalen titik massa, proses membawa anomali medan gravitasi ke bidang datar dapat juga dilakukan dengan pendekatan deret Taylor. Metode ini menggunakan derivatif dari suatu fungsi pada suatu titik untuk mengekstrapolasi fungsi disekitar titik itu. Medan potensial pada *irregular surface*, $z(x, y)$, dapat diperoleh dengan melakukan kontinuitas terhadap medan potensial yang berada pada bidang datar ($z_0 = \text{konstan}$) berdasarkan deret Taylor.

2.7 Kontinuitas ke Atas (*Upward Continuation*)

Kontinuitas ke atas adalah langkah pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas (Blakely, 1995). Kontinuitas ke atas juga merupakan salah satu metode yang digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan bising yang ditimbulkan oleh benda-benda dekat permukaan (Islamiyah, 2015).

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{((x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2)} dx' dy' \quad (2.23)$$

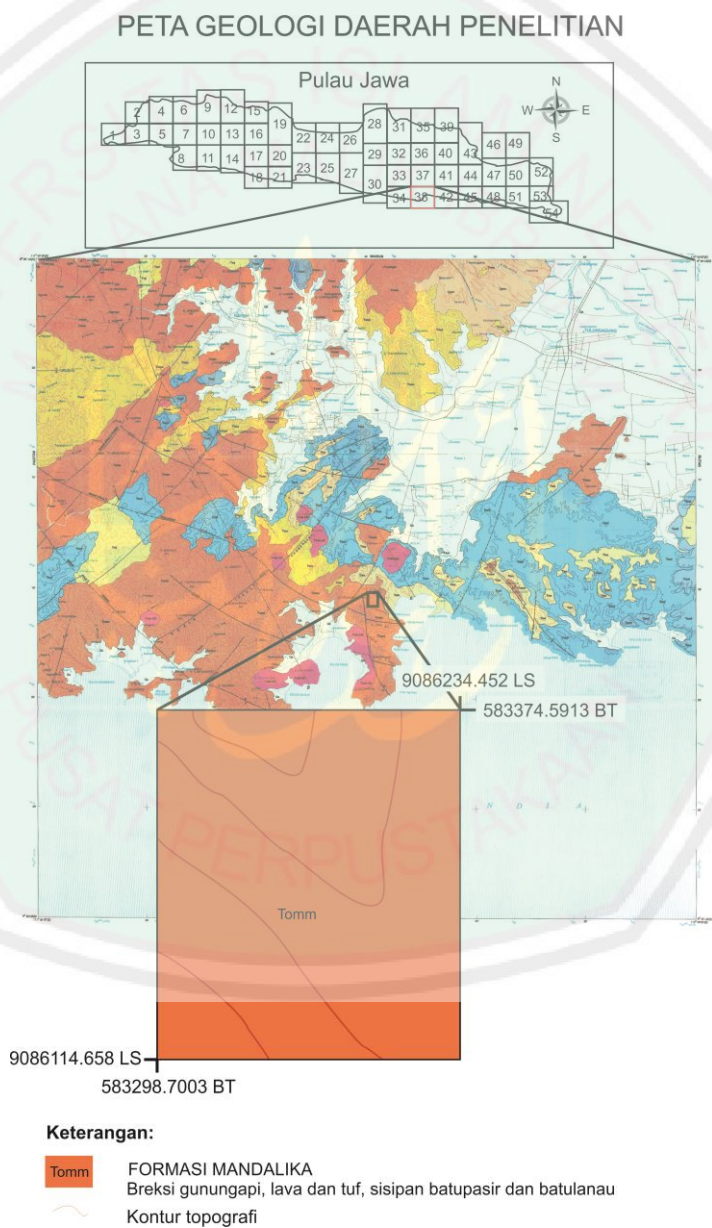
Dimana: $U(x, y, z_0 - \Delta z)$ adalah harga medan potensial pada bidang hasil kontinuitas, $U(x', y', z_0)$ adalah harga medan potensial pada bidang observasi sebenarnya, Δz adalah jarak atau ketinggian pengangkatan (Blakely, 1995; Islamiyah, 2015).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di daerah lapangan “X”, dan dilaksanakan pada tanggal 11 November 2017 sampai 12 November 2017.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data Penelitian

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah :

- a. Koordinat Lintang dan Bujur
- b. Waktu pengambilan data (hari, jam, dan tanggal)
- c. Ketinggian titik ukur
- d. Pembacaan gravitometer

Data koordinat lintang dan bujur, waktu pengambilan data, ketinggian titik ukur terbaca melalui GPS yang digunakan pada waktu di lapangan. Pembacaan gravitometer harus dikonversi ke dalam mgal dimana $1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/det}^2 = 10^{-2} \text{ m/det}^2$.

3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini meliputi tahap pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data. Pada penelitian ini yang dianalisa adalah berupa data gravitasi, geologi daerah penelitian, anomali gaya berat dan kontras densitasnya.

3.3.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Gravitometer La Coste dan Romberg tipe G-1053.
2. Gps Garmin.
3. Peta Topografi.
4. Peta Geologi.
5. Alat Tulis.
6. Penggaris.

7. *Software (Magpick, Surfer 13, Matlab 2008, Excel, Oasis Montaj, Grav-TC dan Geosoft).*

3.3.2 Akuisisi Data

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan lintasan, titik ikat dan base stasion adalah sebagai berikut :

- a. Letak titik pengukuran harus jelas dan mudah dikenal.
- b. Lokasi letak titik pengukuran harus mudah dibaca dalam peta.
- c. Lokasi titik pengukuran harus mudah dijangkau serta bebas dari gangguan kendaraan bermotor, mesin, dll.
- d. Lokasi titik pengukuran harus terbuka sehingga GPS mampu menerima sinyal dari satelit dengan baik tanpa ada penghalang.

Tahap selanjutnya adalah pengambilan data, yaitu dengan melakukan kalibrasi alat dan menentukan titik acuan (base station) sebelum pengambilan data gaya berat di titik-titik ukur lainnya. Lokasi titik acuan harus berupa titik atau tempat yang stabil atau mudah dijangkau. Penentuan titik acuan sangat penting, karena pengambilan data lapangan harus dilakukan secara looping, yaitu dimulai dari titik acuan yang telah ditentukan, dan berakhir pada titik tersebut. Titik acuan perlu diikatkan terlebih dahulu pada titik ikat yang sudah diketahui nilai mutlak nya.

Pola looping pada proses pengambilan data, dimana pengukuran dimulai pada titik 1 yang menjadi titik acuan, kemudian dilanjutkan pada titik-titik ukur lapangan dan berakhir kembali di titik 1. Tujuan dari system looping agar dapat diperoleh nilai koreksi apungan alat (drift) yang disebabkan oleh adanya

perubahan pembacaan akibat gangguan berupa guncangan alat selama perjalanan. Dalam pengukuran gravitasi terdapat beberapa data yang perlu dicatat meliputi waktu pembacaan, nilai pembacaan gravimeter, posisi koordinat stasiun pengukuran (lintang dan bujur) dan ketinggian titik ukur.

Setelah menentukan lokasi titik pengukuran, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan menggunakan Gravimeter La Coste Romberg G-1053. Data yang terbaca pada gravimeter tidak langsung dalam satuan mGal, tetapi dalam satuan skala pembacaan yang harus dikonversi ke satuan mGal terlebih dahulu dengan menggunakan tabel kalibrasi.

3.3.3 Koreksi Metode Gravity

A. Konversi Harga Bacaan Gravimeter

Pemrosesan data gravitasi dilakukan terhadap nilai pembacaan gravimeter untuk mendapatkan nilai anomali Bouguer. Untuk memperoleh nilai anomali bouguer dari setiap titik amat, maka dilakukan konversi pembacaan gravimeter menjadi nilai gravitasi dalam satuan milligal berdasarkan persamaan (2.8). Untuk melakukan konversi memerlukan tabel konversi dari gravimeter, pada setiap gravimeter sudah dilengkapi dengan tabel konversi.

Berikut adalah cara dalam melakukan konversi pembacaan alat:

- 1) Misal hasil pembacaan pada alat adalah 1838,6 maka diambil nilai bulat yaitu 1800. Dalam tabel konversi (Tabel 3.1) nilai 1800 sama dengan 1825,32 mGal. Dengan faktor interval 1,01419 dan nilai CCF pada alat G-1053 sebesar 1,00043726
- 2) Dimasukkan pada persamaan sehingga didapat $(1825,32 + ((1838,6 - 1800) \times 1,01419)) \times 1,00043726 = 1865,282991$

Tabel konversi harga pembacaan (Sunaryo, 1999; Taufiquddin, 2014).

Tabel 3.1 Kutipan contoh tabel konversi gravimeter tipe G-1053

COUNTER READING	VALUE IN MILLIGALS	FACTOR FOR INTERVAL
1600	1622,50	1,01409
1700	1723,91	1,01413
1800	1825,32	1,01419

B. Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Pada proses akuisisi data, tidak dilakukan pengukuran terhadap variasi harian akibat pasang surut di base, sehingga untuk menghitung besarnya pasang surut dilakukan menggunakan *software GRAVTC*. Dalam *software* tersebut data yang dimasukkan secara berurutan berupa data bujur, lintang, tinggi (h), jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun. Hasil dari input tersebut berupa data pasang surut.

C. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Pada akuisisi pengukuran dimulai di base dan diakhiri di base, sehingga besarnya koreksi apungan dapat dihitung dengan asumsi bahwa besarnya penyimpangan berbanding lurus terhadap waktu. Koreksi *drift* disebabkan oleh guncangan alat saat dibawa. besar koreksi ini sesuai dengan persamaan (2.10).

Sebelum dilakukan perhitungan, nilai waktu, lintang, dan bujur harus dikonversi terlebih dahulu. Waktu dikonversi dalam bentuk detik, sedangkan bujur dan lintang dikonversi menjadi derajat.

D. Medan Gravitasi Terkoreksi

Medan gravitasi terkoreksi yaitu nilai gravitasi hasil pengukuran dilapangan setelah melalui konversi ke miligal dan telah terkoreksi dari pengaruh

pasang surut dan apungan, yaitu dengan menambahkan koreksi tidal dan koreksi apungan pada nilai pengukuran yang telah di konversi ke milligal

E. *Different in Reading* (Δg)

Different in Reading yaitu menghitung perbedaan harga gravitasi di setiap stasiun pengamatan dengan harga gravitasi di *base station*.

$$\Delta g = G \text{ tiap titik} - G \text{ Base Station (BS)}$$

F. Medan Gravitasi Observasi

Pengukuran gravitasi menggunakan gravitimeter adalah relatif terhadap *Base Station* (BS), sehingga dalam pengukuran diperoleh beda nilai antara stasiun pengamatan dengan BS.

$$g_{\text{obs}} = g_{\text{abs BS}} + g_{\text{drif}}$$

g absolute base station pada penelitian ini adalah 978181.0965 mGal.

G. Medan Gravitasi Teoritis (Koreksi Lintang/ Gravitasi Normal)

Koreksi lintang merupakan koreksi pembacaan gravitasi akibat letak atau perbedaan derajat lintang bumi. Pada penelitian ini untuk koreksi lintang digunakan persamaan yang dirumuskan *World Geodetic System 1984* (WGS84) (Blakely, 1995) :

$$g_n = 9.7803267714 \left(\frac{1 + 0.0019385138639 \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - 0.00669437999013 \sin^2 \lambda}} \right) \quad (3.1)$$

Dimana g_n dalam m.sec^{-2} dan λ adalah sudut lintang (Blakely, 1995: Wachidah 2018).

H. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Koreksi udara bebas merupakan koreksi akibat perbedaan ketinggian pada titik pengukuran dengan mengabaikan adanya massa yang terletak di antara titik ukur dengan bidang referensi ukuran. Menurut Kirbani (2001) koreksi Udara bebas dapat dihitung berdasarkan formula:

$$FAC = 0,3086 \times h \quad (3.2)$$

Dimana:

FAC = *free air correction* (mGal/m)
h = ketinggian titik ukur (m)

I. Koreksi Bouguer

Koreksi bouguer dilakukan untuk menghilangkan efek massa batuan yang mengisi ruang antara titik pengukuran dan bidang acuan. Besar koreksi ini dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$BC = 2\pi G \rho h$$

Karena , $2\pi G = 0,04191$ maka (Sunaryo, 1997; Wachidah, 2018),

$$BC = 0.04191\rho h \quad (3.3)$$

Dimana:

BC = *Bouguer Correction* (mGal/m)
G = Konstanta Gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$)
P = Rapat massa batuan rata-rata ($2,67 \text{gr}/\text{cm}^3$)
H = Ketinggian (m)

J. Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Efek massa di sekitar titik ukur berupa lembah, gunung, jurang, bukit, dan lain-lain secara teoritis akan mengurangi nilai medan gravitasi. Perhitungan koreksi medan dapat dilakukan dengan menggunakan *hammer chart*, dengan

menggambar lingkaran yang terbagi dalam beberapa segmen yang diletakkan diatas peta topografi.

Selain menggunakan *hammer chart* perhitungan koreksi medan dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang diusulkan oleh Kane. Metode ini didesain untuk menyeleksi data ketinggian disekitar titik pengukuran dimana koreksi medan akan dicari. Pada model ini dibuat grid dengan titik pengukuran sebagai pusatnya dan daerah perhitungan dibagi atas dua zona topografi yaitu zona eksternal dan zona internal.

Pada penelitian ini perhitungan koreksi medan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *geosoft* dengan masukan berupa data koordinat titik ukur, peta DEM, dan ketinggian masing-masing data.

K. Anomali Bouguer Lengkap

Setelah data bacaan gravitasi dikoreksi maka didapat nilai anomali bouguer lengkap:

$$ABL = G_{obs} - G_n + FAC - BC + TC \quad (3.4)$$

Dimana:

- ABL = Anomali bouguer lengkap
- G_{obs} = Nilai gravitasi obeservasi
- G_n = Nilai gravitasi koreksi lintang(gravitasi normal)
- FAC = *Free air correction*/ koreksi udara bebas
- BC = *Bouguer correction*/koreksi Bouguer
- TC = *Terrain correction*/ koreksi topografi

Kemudian nilai anomali tersebut dikonturkan dengan menggunakan software Surfer 13.

L. Reduksi ke bidang datar

Proses pengangkatan ke bidang datar perlu dilakukan karena nilai anomali bouguer yang sudah terkoreksi merupakan nilai yang masih terpapar pada topografi, yaitu terletak pada titik-titik yang tidak teratur dengan ketinggian yang bervariasi. Reduksi ke bidang datar dilakukan dengan metode Dampney menggunakan *software matlab*.

M. Pemisahan Anomali

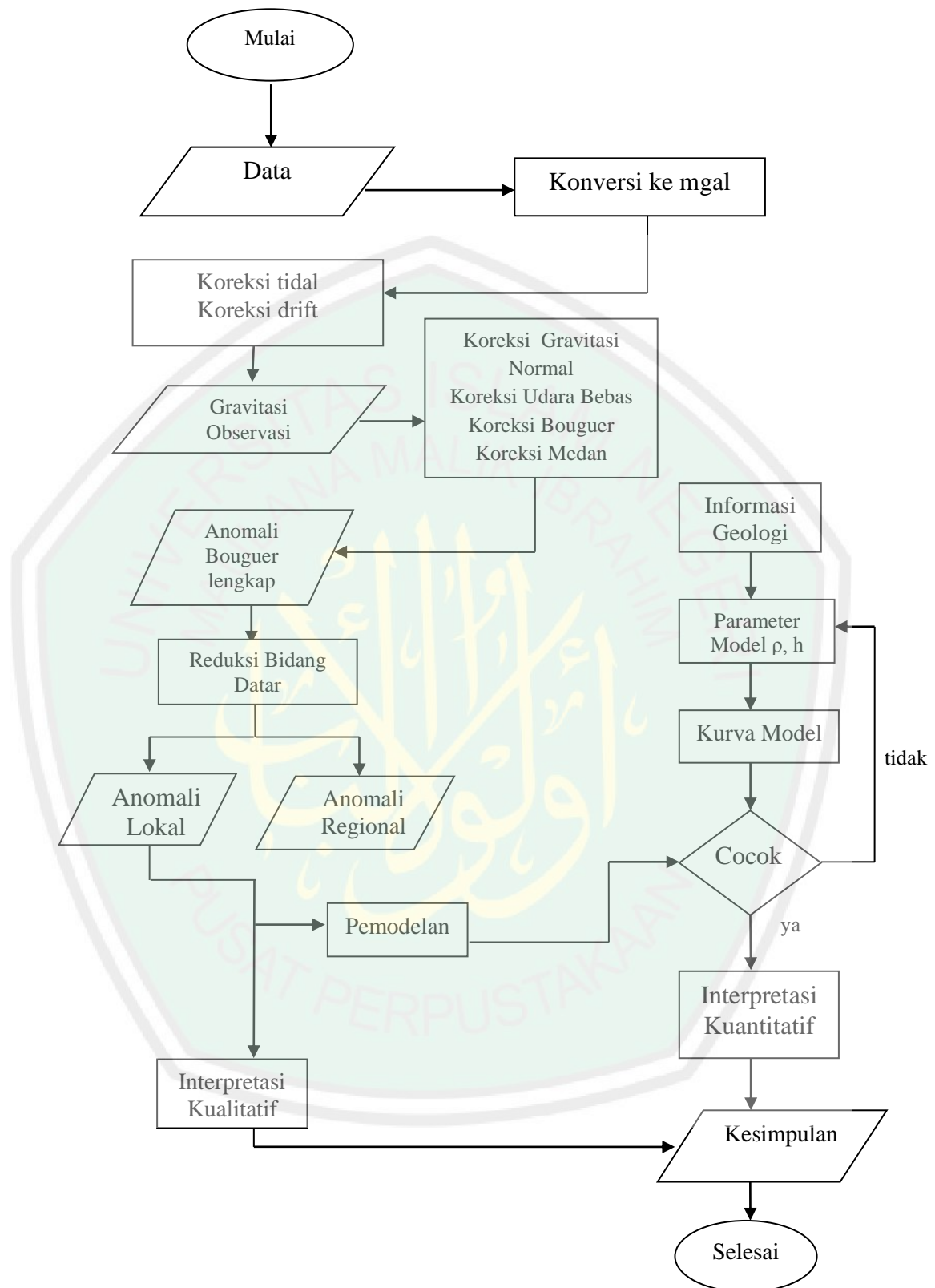
Untuk mendapatkan anomali lokal dan regional perlu dilakukan kontinuitas ke atas dilakukan bertujuan untuk memperkecil pengaruh topografi. Kontinuitas ke atas dilakukan dengan menggunakan kontinuitas *surface to surface* dari data yang sudah di reduksi ke bidang datar (Islamiyah, 2015). Kontinuitas ke atas bisa dilakukan dengan bantuan *software magpick*.

3.4 Pemodelan struktur bawah permukaan

Pemodelan struktur geologi bawah permukaan diproses menggunakan *software oasis montaj* berdasarkan data anomali lokal.

3.5 Interpretasi

Tahap interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan control informasi geologi. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisis persebaran nilai anomali lokal pada area penelitian yang telah dikonturkan menggunakan *software surfer*. Sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan menganalisis model bawah permukaan dari suatu penampang anomali lokal dengan menggunakan *software oasis montaj*.



Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

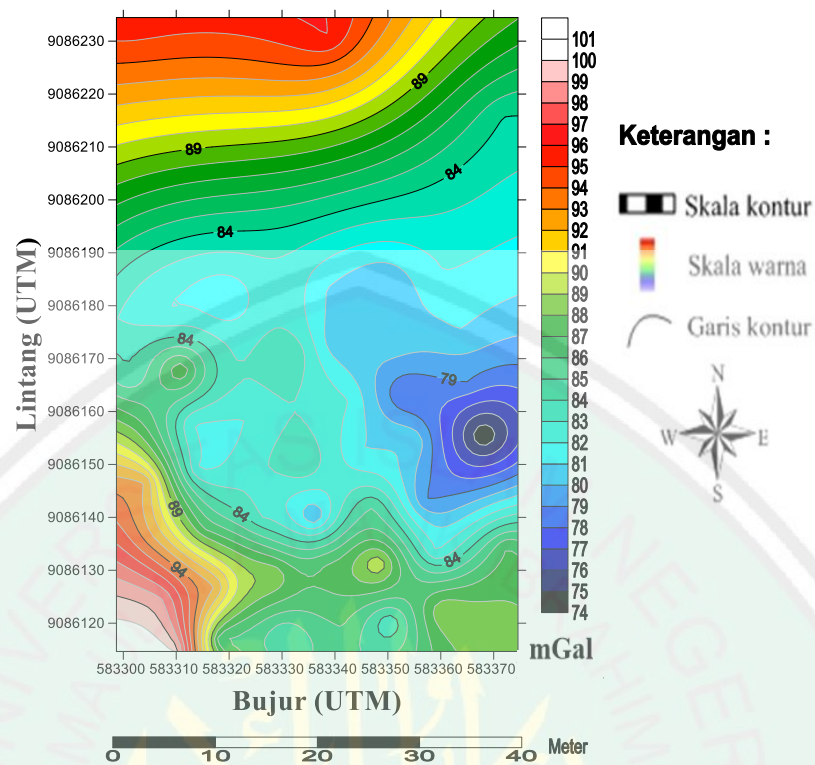
Metode gravity merupakan salah satu metode eksplorasi dalam geofisika yang mencari perbedaan nilai medan gravitasi dari satu titik ke titik yang lain di suatu tempat yang disebabkan oleh distribusi massa yang terdapat di bawah permukaan daerah penelitian. Metode ini sering dan cukup baik digunakan pada tahapan eksplorasi pendahuluan guna menentukan daerah spesifik yang selanjutnya akan disurvei dengan menggunakan metode-metode geofisika yang lebih detail.

4.1 Akuisisi Data

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gravimeter *La Coste* dan *Romberg* tipe G-1053 yang memanfaatkan prinsip pegas serta sangat peka terhadap perubahan densitas di bawah permukaan bumi. Pengambilan data pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dan kemudian data-data tersebut dirata-ratakan untuk mengurangi tingkat kesalahan (*error*) dan *noise* pada saat pengolahan data. Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebanyak 52 titik dengan luasan area sekitar 110 m x 70 m dan menggunakan jarak spasi tiap titik pengukuran ± 10 m. Kemudian mengukur waktu pengambilan data yang meliputi hari, jam, menit, dan detik. Mengukur ketinggian titik titik pengamatan serta koordinat lintang dan bujur di setiap titik.

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data gravitasi dilakukan untuk memperoleh anomali bouger lengkap dari suatu titik pengamatan yang dipengaruhi oleh rapat massa (densitas) batuan di bawah permukaan. Data yang diperoleh di lapangan merupakan hasil kompleks dari kontribusi banyak hal. Adanya gangguan (*noise*) pada saat pengukuran tidak dapat dihindari sehingga untuk menghilangkan efek *noise* tersebut dilakukan beberapa koreksi. Proses tersebut dimulai dari konversi pembacaan gravitimeter ke milligal yang bertujuan untuk memperoleh nilai anomali bouger dari setiap titik pengamatan. Kemudian dilakukan koreksi pasang surut (*tide correction*) untuk mengurangi pengaruh gaya gravitasi bumi, bulan dan matahari terhadap data yang diperoleh, serta dilakukan koreksi apungan (*drift correction*) yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* (gangguan) yang disebabkan oleh guncangan alat pada saat dibawa.

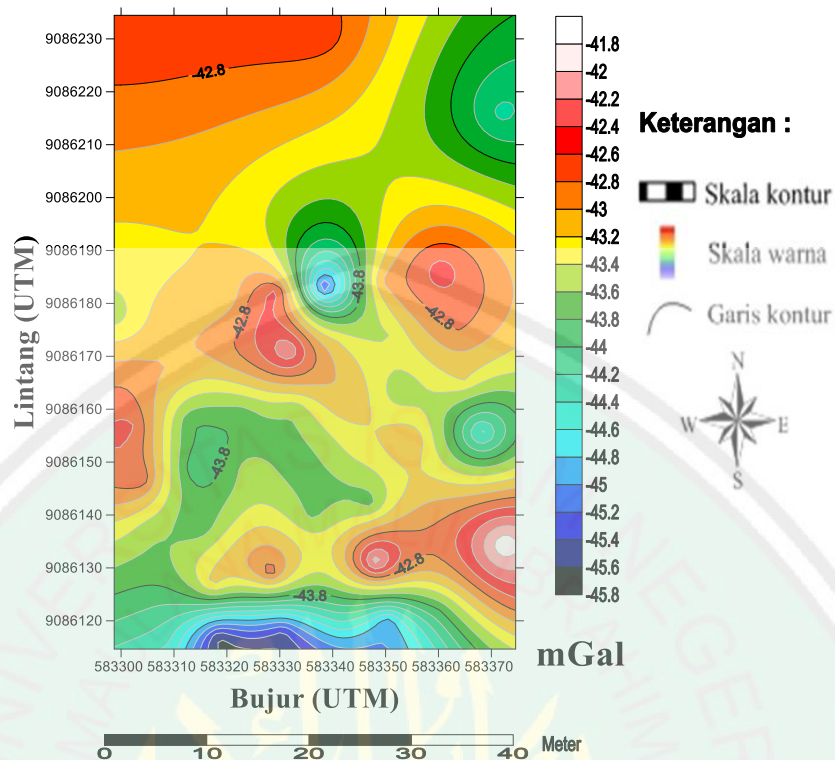


Gambar 4. 1 Kontur topografi dan titik pengukuran daerah penelitian

Dari gambar peta kontur topografi daerah penelitian diatas menunjukkan bentuk topografi yang tidak datar yang ditandai dengan anomali rendah, sedang dan tinggi yang ditunjukkan berdasarkan skala warna yang berbeda.

4.3 Anomali Bouguer Lengkap

Anomali bouguer lengkap merupakan hasil dari beberapa tahap koreksi – koreksi standard dalam metode gravitasi. Setelah melalui proses koreksi didapatkan nilai anomali lengkap dapat dihitung secara teoritis. Sebaran anomali bouguer di daerah penelitian bervariasi antara 41.8 – 45.8 mGal. Nilai-nilai tersebut kemudian dikonturkan dengan menggunakan surfer 13 dengan inputan lintang (UTM) , bujur (UTM) dan nilai anomali bouguer lengkap. seperti pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4. 2 Kontur anomali bouguer lengkap

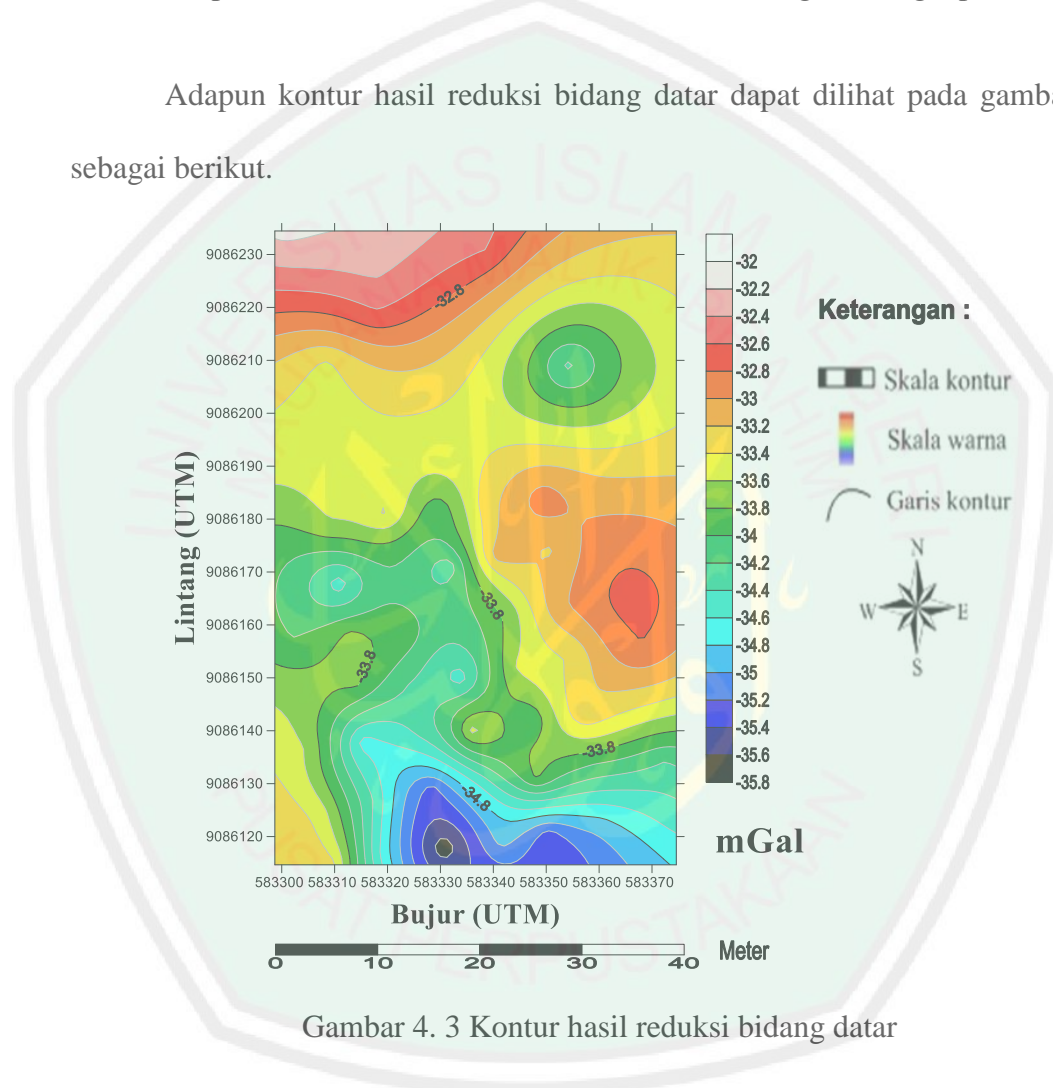
4.4 Reduksi Bidang Datar

Permasalahan yang dihadapi adalah data ABL (Anomali Bouguer Lengkap) yang terpapar pada permukaan topografi tersebut mempunyai ketinggian yang bervariasi. Variasi ini dapat menyebabkan distorsi pada data gravitasi. Untuk meminimalkan distorsi dilakukan dengan cara membawa ABL tersebut ke suatu bidang datar dengan ketinggian tertentu, dan satu metodenya adalah dengan menggunakan sumber ekuivalen titik massa.

Pada metode ekuivalen sumber titik massa dilakukan proses menentukan sumber kedalaman titik massa diskrit pada suatu kedalaman tertentu di bawah permukaan dengan memanfaatkan data anomali bouguer lengkap pada topografi. Kemudian dihitung medan gravitasi teoritis yang diakibatkan oleh sumber

ekivalen pada *regular surface* sembarang seperti yang dikehendaki. Penentuan kedalaman bidang ekivalen titik massa dilakukan dengan coba-coba menurut syarat batas yang ditentukan dengan hasil pola kontur dan nilai anomali yang mendekati pola kontur nilai anomali ABL (Anomali Bouguer Lengkap).

Adapun kontur hasil reduksi bidang datar dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Kontur hasil reduksi bidang datar

4.5 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif merupakan suatu bentuk penafsiran terhadap suatu anomali yang dilakukan dengan cara membaca pola anomali gravitasi yang kemudian dihubungkan dengan tatanan geologi daerah setempat dan data-data kebumihan lainnya. Sehingga secara umum dapat memberikan gambaran struktur

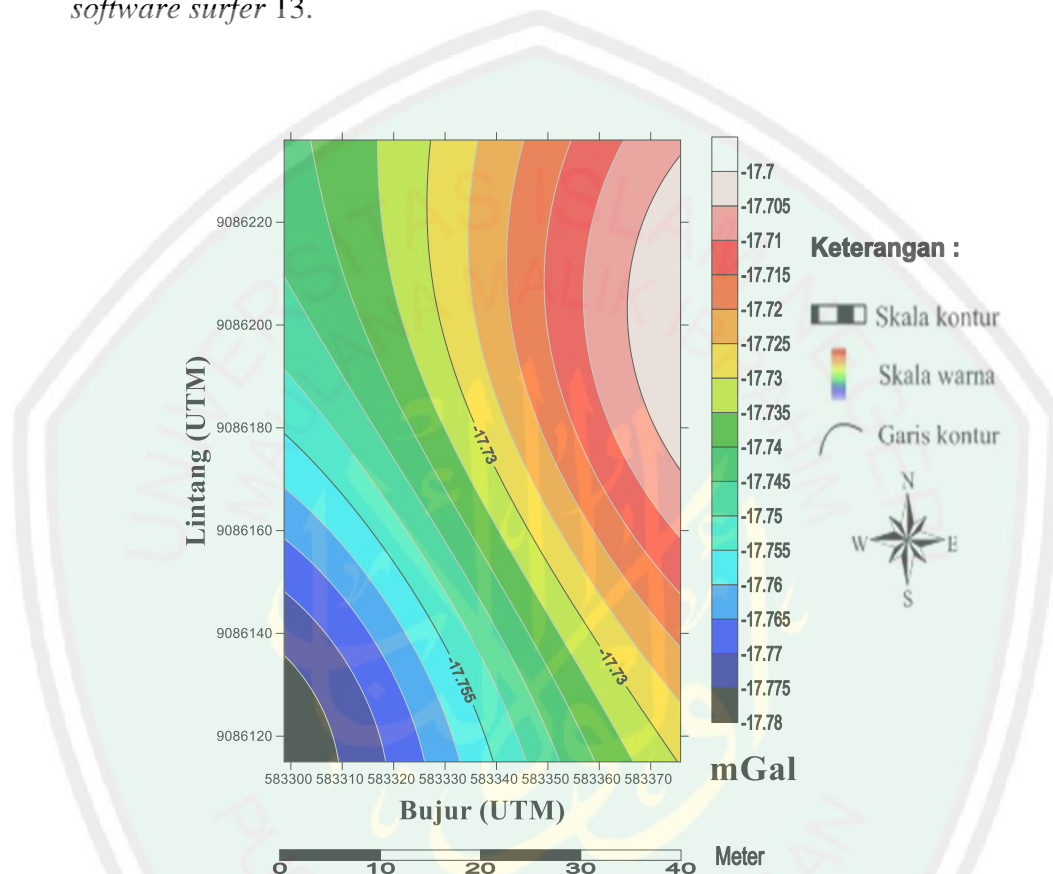
geologi bawah permukaan daerah penelitian. Gambaran umum yang dihasilkan dari penafsiran ini hanya berupa pola-pola atau bentuk-bentuk struktur geologi tertentu saja, belum menyangkut ukuran/besaran geologi.

Interpretasi kualitatif dilakukan untuk menganalisis anomali yang diduga akibat adanya badan atau benda yang menjadi target dari penelitian. Interpretasi kualitatif dilakukan berdasarkan peta kontur anomali lokal yang didapatkan dari hasil kontinuitas ke atas. Kontinuitas ke atas merupakan suatu proses perubahan data yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah terukur pada level permukaan yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini digunakan *software magpick* untuk melakukan proses kontinuitas ke atas pada data.

Data anomali yang dihasilkan merupakan data campuran dari anomali regional dan anomali lokal, sehingga data yang telah direduksi bidang datar perlu dilakukan tahap selanjutnya yaitu kontinuitas keatas untuk memisahkan kedua anomali tersebut. Metode ini pada dasarnya dipakai untuk menghilangkan efek lokal sehingga yang didapatkan hanyalah kecenderungan regionalnya saja. Hasil yang diperoleh kemudian dikurangkan terhadap anomali medan gravitasi bouguer lengkap yang sudah direduksi pada bidang datar, sehingga diperoleh anomali medan gravitasi lokal yang siap diinterpretasi.

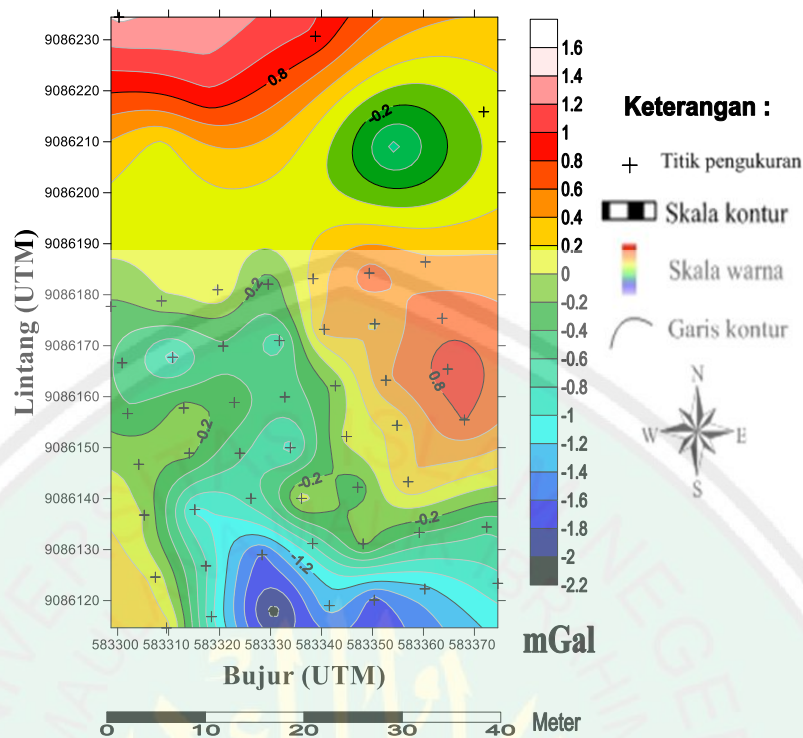
Proses kontinuitas ke atas adalah langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas, kontinuitas keatas juga merupakan salah satu metode yang digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan bising yang ditimbulkan oleh benda-benda dekat permukaan. Setelah dilakukan

beberapa percobaan kontinuitas dengan ketinggian mulai dari 100 - 3000 m, kontinuitas yang dianggap paling bagus, kontinuitas dengan ketinggian 100 m. Selanjutnya hasil pemisahan dengan *software magpick* dikonturkan menggunakan *software surfer* 13.



Gambar 4. 4 Kontur anomali regional hasil kontinuitas keatas

Gambar 4.4 menunjukkan besar nilai anomali regional yang relatif stabil, yaitu pada kisaran 17,7 mGal. Hal ini menunjukkan bahwa sudah tidak ada pengaruh dari anomali medan gravitasi lokal pada pengangkatan 100 m. Sedangkan nilai anomali lokal dapat dihitung dengan mencari selisih anomali bouger lengkap yang sudah tereduksi bidang datar dengan anomali regional yang telah diperoleh.



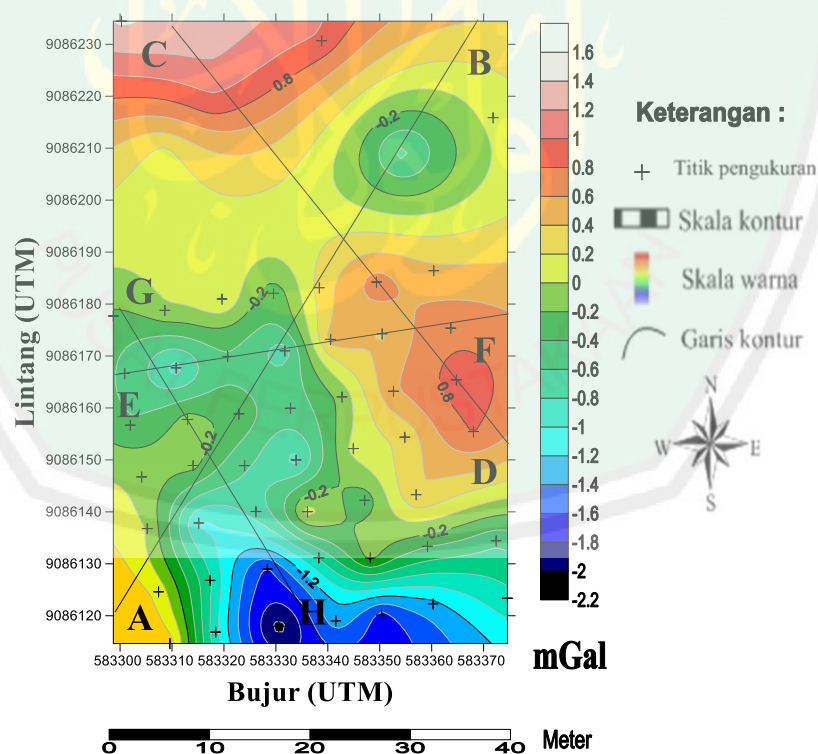
Gambar 4. 5 Kontur anomali lokal hasil kontinuasi keatas

Berdasarkan peta anomali lokal yang ditunjukkan oleh gambar 4.5 nilai anomali berada pada rentang -2,2 mGal hingga 1,6 mGal. Secara kualitatif pola kontur anomali lokal area penelitian menunjukkan pola anomali rendah (-2,2 mGal hingga -1 mGal), sedang (-0,8 mGal hingga 0,4 mGal), dan tinggi (0,6 mGal hingga 1,6 mGal). Dimana besar kecilnya nilai anomali dipengaruhi oleh beberapa hal yakni densitas batuan, posisi batuan dan besar badan batuan.

Pada daerah penelitian dibutuhkan target sedang yang merupakan pendugaan area batubara. Secara kualitatif pola anomali sedang ditunjukkan dengan skala -0,8 mGal hingga 0,4 mGal.

4.6 Interpretasi Kuantitatif

Setelah anomali regional dan lokal dipisahkan, maka akan diperoleh anomali lokal yang kemudian diinterpretasi. Interpretasi dilakukan dengan menganalisa dan mengiris anomali lokal tersebut, proses ini dinamakan dengan interpretasi kuantitatif. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menganalisis penampang pola anomali sepanjang lintasan tertentu yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini dibuat empat lintasan slice pada kontur anomali lokal untuk memperoleh penampang bawah permukaannya yaitu penampang AB, CD, EF dan GH. Interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kualitatif sehingga dapat menentukan bagian – bagian penampang anomali yang menarik untuk ditafsirkan struktur geologi bawah permukaannya.

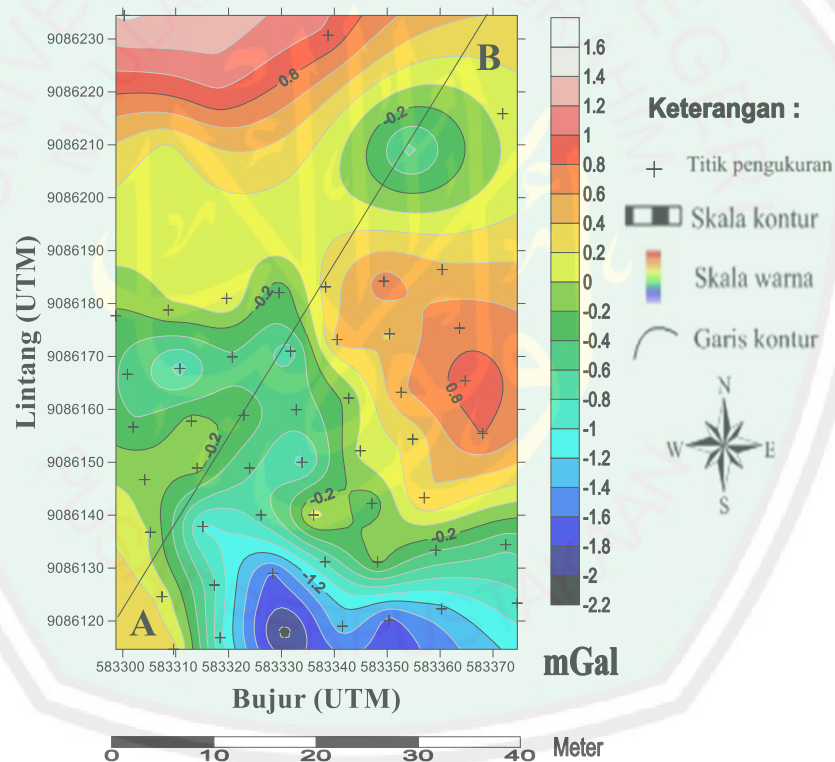


Gambar 4. 6 Profil *slice* AB, CD, EF dan GH pada kontur anomali lokal

Dalam interpretasi kuantitatif ini terdapat ambiguitas karena beragam model yang dapat dihasilkan, disebabkan oleh adanya parameter rapat massa, geometri dan kedalaman tidak pasti. Oleh karena itu diperlukan data pendukung berupa data geologi daerah penelitian, data rapat massa batuan. Dalam penelitian kali ini digunakan *software oasis montaj* untuk membuat model bawah permukaan dari penampang anomali lokal.

4.6.1 Lintasan *Slice CD*

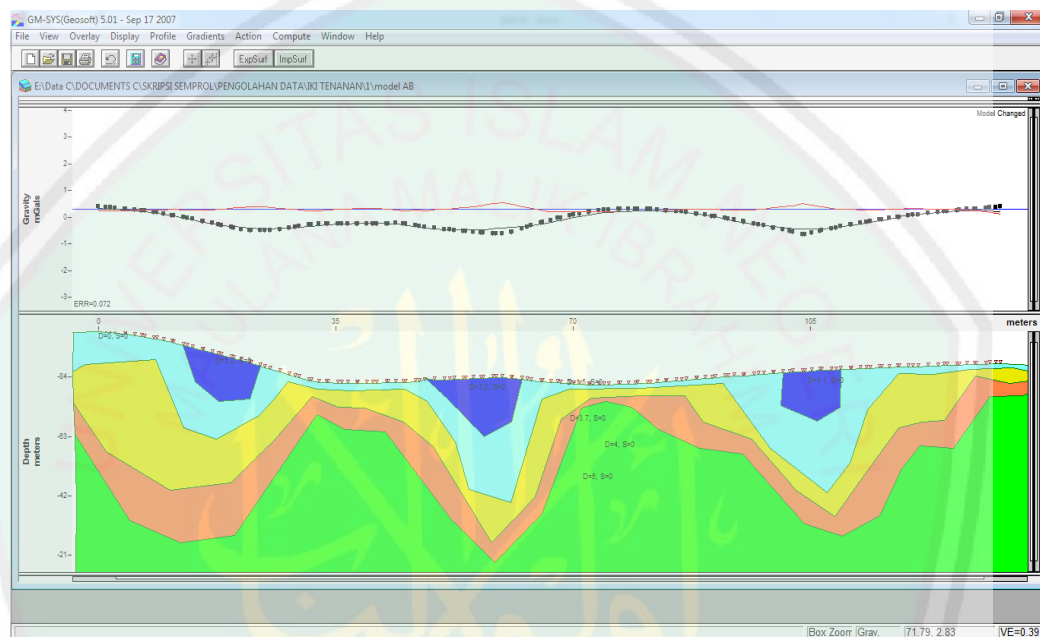
Lintasan slice AB pada peta kontur anomali lokal sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Lintasan *slice* AB pada anomali lokal

Gambar 4.7 menunjukkan profil lintasan *slice* AB yang memotong pola kontur anomali lokal dari sedang hingga tinggi, dan menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.8.



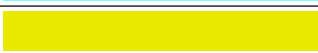


Penafsiran litologi batuan pada daerah penelitian ini didasari oleh data geologi daerah penelitian. Berdasarkan informasi geologi diketahui bahwa daerah penelitian merupakan struktur formasi mandalika yaitu breksi gunungapi, lava dan tuf, sisipan batupasir dan batulanau.



Gambar 4. 8 Model penampang anomali lokal lintasan AB

Model penampang AB pada gambar 4.8 dimodelkan sampai kedalaman 70 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.072%.

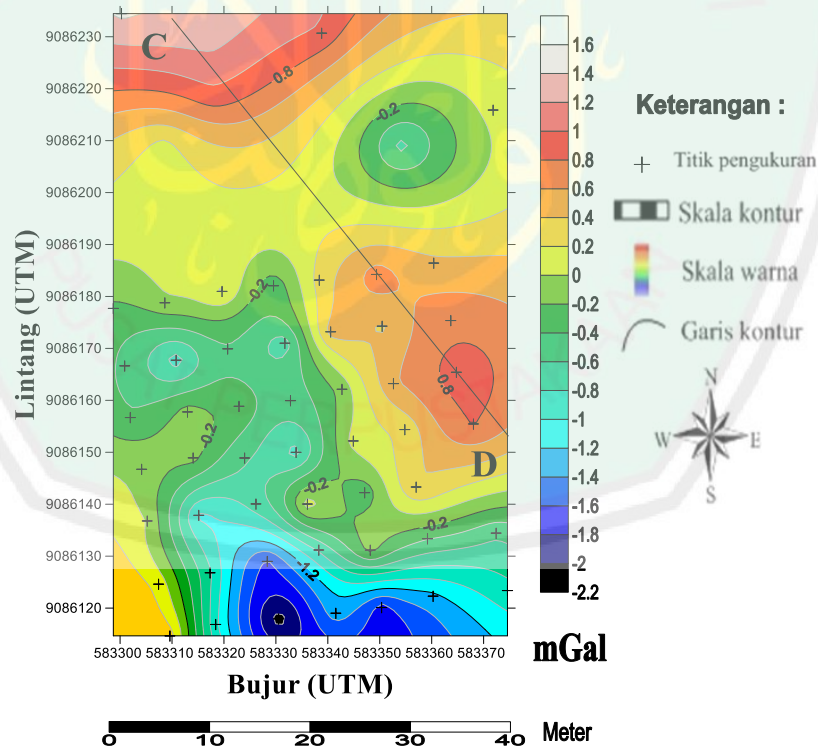
Tabel 4.1 Hasil Model Lintasan AB

No	Skala Warna	Densitas (gram/cm ³)	Jenis Batuan
1		1,2 gram/cm ³	Batubara Muda
2		1,7 gram/cm ³	Batu Pasir
3		2,3 gram/cm ³	Breksi Tuf
4		2,67 gram/cm ³	Lempung
5		3 gram/cm ³	Breksi Gunungapi

Berdasarkan tabel 4.1 terlihat bahwa terdiri dari 5 jenis *body*. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas $1,2 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai batubara muda. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas $1,5 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan $2,2 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai breksi tuf. Jenis keempat ditunjukkan dengan $2,67 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan dengan lempung. Jenis kelima ditunjukkan dengan densitas 3 gram/cm^3 diinterpretasikan sebagai campuran breksi gunungapi.

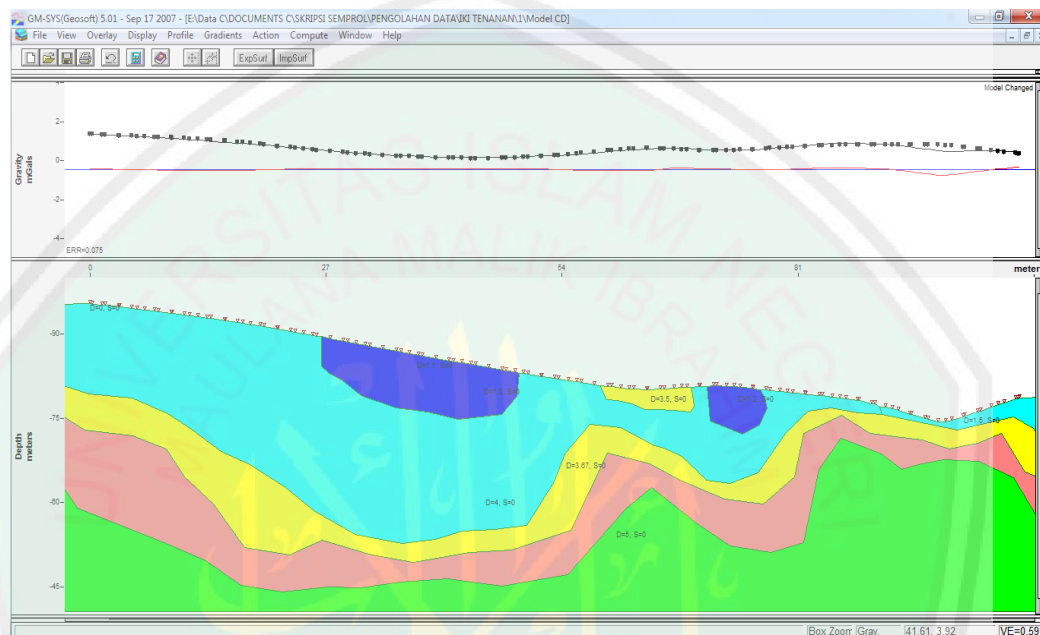
4.6.2 Lintasan *Slice CD*

Lintasan slice CD pada peta kontur anomali lokal dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 9 Lintasan *slice CD* pada anomali lokal



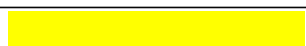


Gambar 4.9 menunjukkan profil lintasan *slice* CD yang memotong pola kontur anomali lokal dari nilai tinggi hingga sedang, dan menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.10 sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Model penampang anomali lokal lintasan CD

Model penampang CD pada gambar 4.10 dimodelkan sampai kedalaman 70 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.075%.

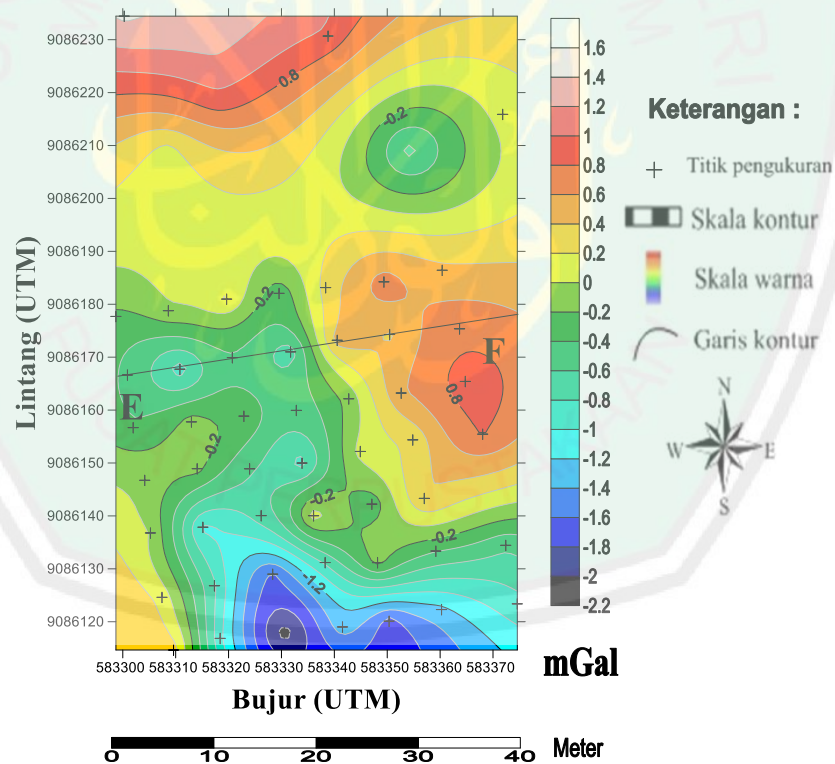
Tabel 4.2 Hasil Model Lintasan CD

No	Skala Warna	Densitas (gram/cm ³)	Jenis Batuan
1		1,2 gram/cm ³	Batubara Muda
2		1,7 gram/cm ³	Batu Pasir
3		2,3 gram/cm ³	Breksi Tuf
4		2,67 gram/cm ³	Lempung
5		3 gram/cm ³	Breksi Gunungapi

Berdasarkan tabel 4.2 terlihat bahwa terdiri dari 5 jenis *body*. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas $1,2 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai batuan muda. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas $1,7 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan $2,3 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai breksi tuf. Jenis keempat ditunjukkan dengan $2,67 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan dengan lempung. Jenis kelima ditunjukkan dengan densitas 3 gram/cm^3 diinterpretasikan sebagai breksi gunungapi.

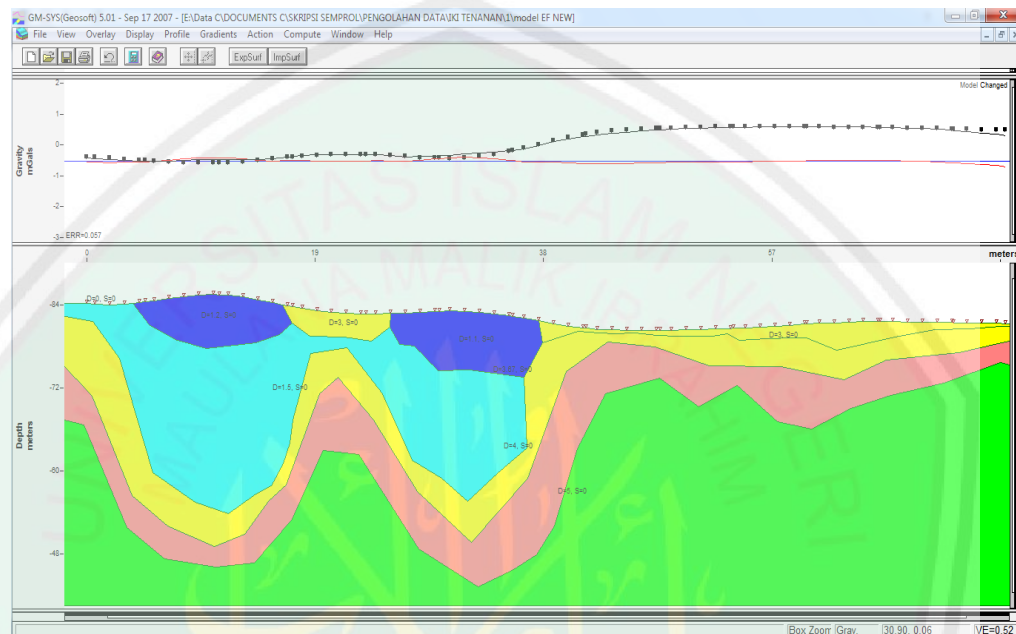
4.6.3 Lintasan *Slice* EF

Lintasan *slice* EF pada peta kontur anomali lokal dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 11 Lintasan *slice* EF pada anomali lokal






Gambar 4.11 menunjukkan profil lintasan *slice* EF yang memotong pola kontur anomali lokal dari nilai sedang hingga tinggi, dan menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.12 berikut:



Gambar 4. 12 Model penampang anomali lokal lintasan EF

Model penampang EF pada gambar 4.12 dimodelkan sampai kedalaman 70 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.057%.

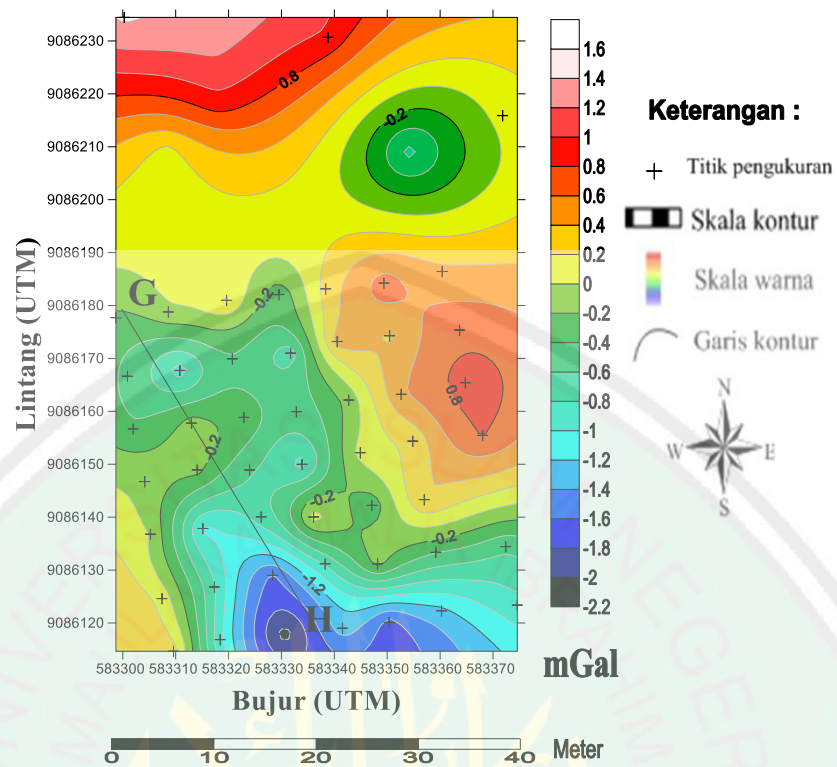
Tabel 4.3 Hasil Model Lintasan EF

No	Skala Warna	Densitas (gram/cm ³)	Jenis Batuan
1		1,2 gram/cm ³	Batubara Muda
2		1,7 gram/cm ³	Batu Pasir
3		2,3 gram/cm ³	Breksi Tuf
4		2,67 gram/cm ³	Lempung
5		3 gram/cm ³	Breksi Gunungapi

Berdasarkan tabel 4.3 terlihat bahwa terdiri dari 5 jenis *body*. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,2 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai batubara muda. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas 1,7 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan 2,3 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai breksi tuf. Jenis keempat ditunjukkan dengan 2,67 gram/cm³ diinterpretasikan dengan lempung. Jenis kelima ditunjukkan dengan densitas 3 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai breksi gunungapi.

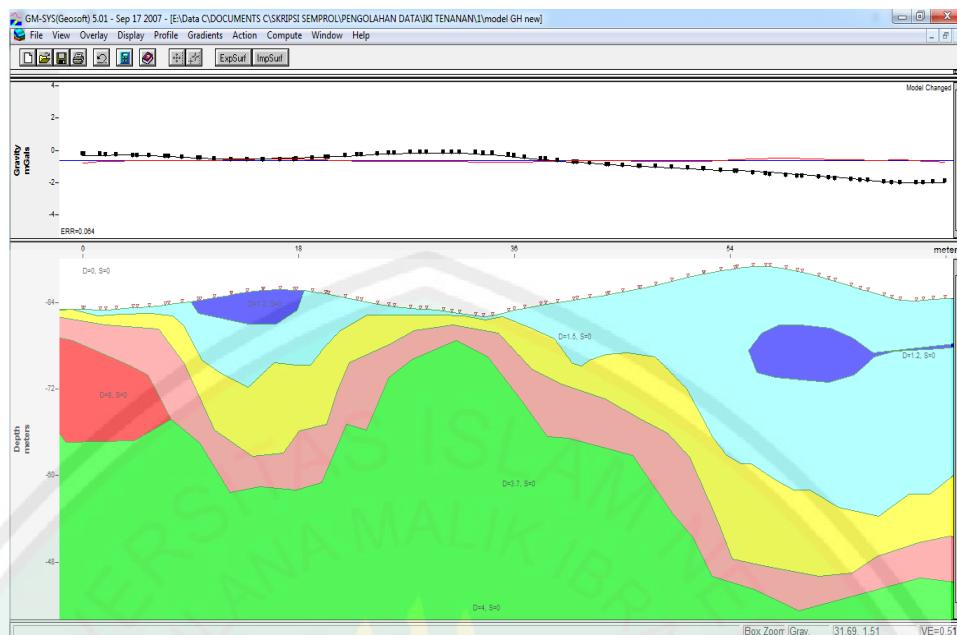
4.6.4 Lintasan *Slice* GH

Lintasan *slice* GH pada peta kontur anomali lokal dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 13 Lintasan slice GH pada anomali lokal

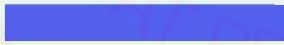
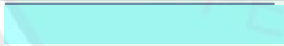




Gambar 4.13 menunjukkan profil lintasan *slice* GH yang memotong pola kontur anomali lokal dari nilai sedang hingga rendah, dan menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.14 berikut:



Gambar 4. 14 Model penampang anomali lokal lintasan GH

Model penampang GH pada gambar 4.14 dimodelkan sampai kedalaman 70 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.064%.

Tabel 4.4 Hasil Model Lintasan GH

No	Skala Warna	Densitas (gram/cm ³)	Jenis Batuan
1		1,2 gram/cm ³	Batubara Muda
2		1,7 gram/cm ³	Batu Pasir
3		2,3 gram/cm ³	Breksi Tuf
4		2,67 gram/cm ³	Lempung
5		3 gram/cm ³	Breksi Gunungapi
6		5 gram/cm ³	Campuran Breksi Gunungapi dan tuf

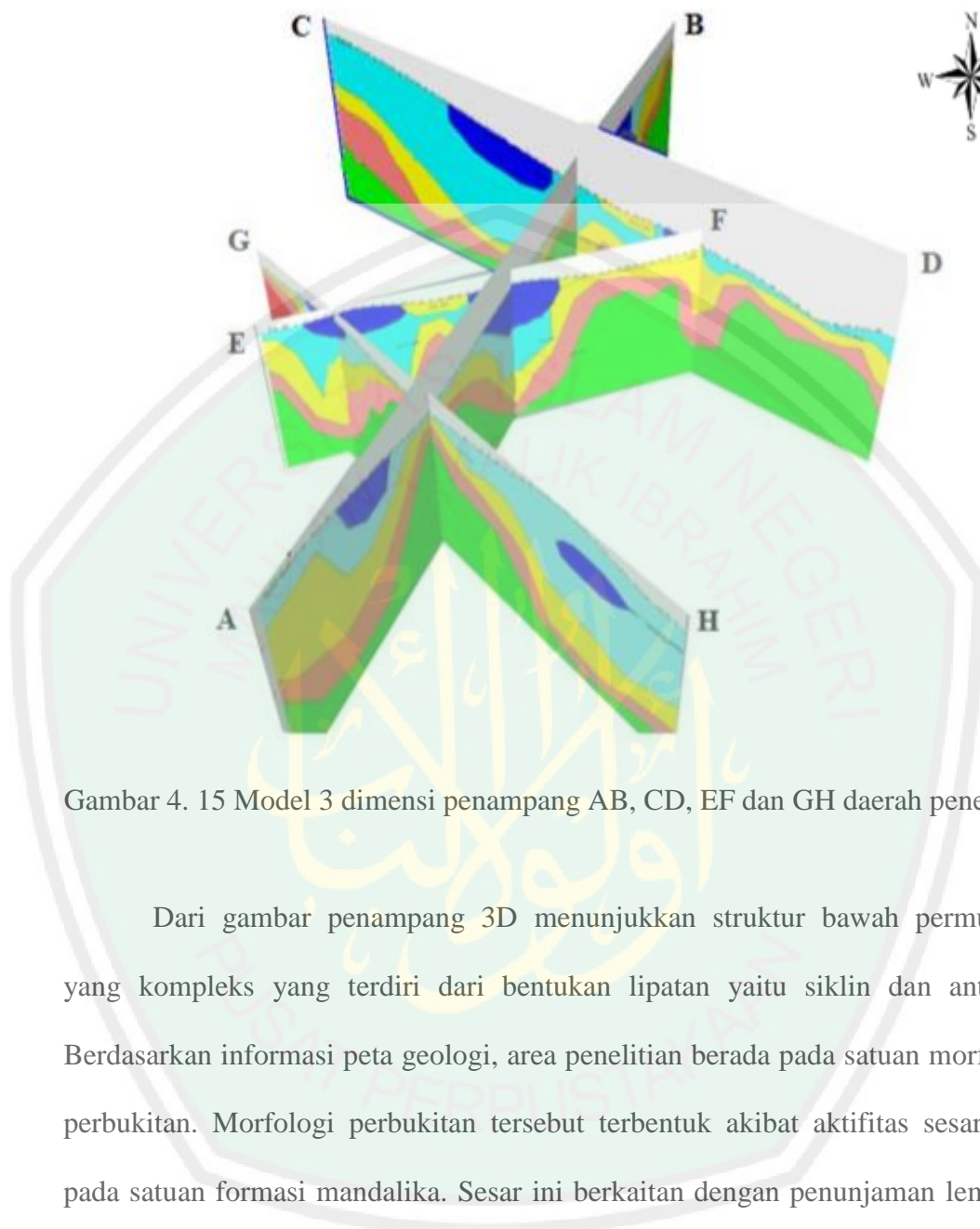
Berdasarkan tabel 4.4 terlihat bahwa terdiri dari 6 jenis *body*. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,2 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai

batubara muda. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas $1,7 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan $2,3 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan sebagai breksi tuf. Jenis keempat ditunjukkan dengan $2,67 \text{ gram/cm}^3$ diinterpretasikan dengan lempung. Jenis kelima ditunjukkan dengan densitas 3 gram/cm^3 diinterpretasikan sebagai breksi gunungapi. Jenis keenam 5 gram/cm^3 diinterpretasikan sebagai campuran breksi gunungapi dan tuf.

4.7 Model Penampang 3 Dimensi

Umumnya pengolahan data gravitasi berakhir pada tahap pemodelan struktur bawah permukaan yang kemudian diinterpretasi baik secara kualitatif ataupun secara kuantitatif. Namun diperlukan membuat model 3 dimensi struktur bawah permukaan dari model 2 dimensi dari penampang AB, CD, EF dan GH. Pemodelan struktur secara 3 dimensi ini dilakukan untuk melihat keselarasan dan kesinambungan dari model penampang 2 dimensi struktur bawah permukaan daerah penelitian.

Model penampang 3 dimensi merupakan gambar hasil pengolahan data gravitasi berupa penampang 2 dimensi yang direkonstruksi menjadi bentuk 3 dimensi (3D vertikal). Pemodelan ini diharapkan memberikan gambaran mengenai kondisi lapisan bawah permukaan dengan korelasi antar setiap penampang pada daerah penelitian. Hal ini diharapkan dapat menggambarkan keadaan geologi bawah permukaan.



Gambar 4. 15 Model 3 dimensi penampang AB, CD, EF dan GH daerah penelitian

Dari gambar penampang 3D menunjukkan struktur bawah permukaan yang kompleks yang terdiri dari bentukan lipatan yaitu siklin dan antiklin. Berdasarkan informasi peta geologi, area penelitian berada pada satuan morfologi perbukitan. Morfologi perbukitan tersebut terbentuk akibat aktifitas sesar naik pada satuan formasi mandalika. Sesar ini berkaitan dengan penunjaman lempeng Samudra Hindia-Australia ke bawah lempeng benua Asia.

4.8 Konsep Gravity Dalam Al Qur'an

Konsep Gravitasi dijelaskan oleh Allah SWT di dalam Al Qur'an Surat al-Insyiqaq [84] ayat 3-4:

وَإِذَا الْأَرْضُ مُدَّتْ ۙ وَأَلْقَتْ مَا فِيهَا وَتَخَلَّتْ ۙ

“dan apabila bumi diratakan (3) dan dilemparkan apa yang ada di dalamnya dan menjadi kosong(4)” (Q.S al-Isyiqaq [84] : 3-4).

Dalam ayat ini, Allah menjelaskan bahwa apabila Bumi memiliki gaya gravitasi yang menarik benda-benda dan materi-materi, maka bagian atasnya akan turun ke bawah dan sebaliknya. Dalam kajian sains, bumi memiliki gaya tarik yang lebih besar jika dibandingkan dengan gaya tarik bulan. Besar gaya tarik bulan diperkirakan seperenam gaya tarik bumi. Hal ini disebabkan bumi memiliki ukuran massa yang lebih besar dari pada bulan, sehingga bumi memiliki kekuatan untuk menarik benda dan memegang setiap benda yang beredar di atasnya, yang secara perhitungan, nilai massanya lebih kecil

4.9 Hikmah Hasil Penelitian

Dari penelitian ini diketahui struktur bawah permukaan pada area penelitian menggunakan metode gravity berdasarkan rapat massa batuan yang dapat dijadikan informasi dalam studi keilmuan dan juga informasi warga setempat akan sebaran batubara.

Allah SWT berfirman dalam Al Qur'an Surat al-Imran [3] ayat 191 :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَطْلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۙ ۱۹۱

“(Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka” (Q.S al-Imran [3] ayat 191).

Dalam ayat ini, menjelaskan bahwa Allah SWT dalam penciptaan langit dan bumi tiada yang sia-sia. Hal tersebut dijadikan sebagai renungan bagi manusia, supaya selalu mengingat Allah dalam keadaan berdiri, duduk dan berbaring dan supaya berfikir tentang kebesaran Allah yang Maha Agung.

Sebaran batubara muda pada area penelitian berdasarkan hasil model didapatkan angka densitas $1,2 \text{ g/cm}^3$, dimana menunjukkan adanya suatu ukuran pada harga densitas batuan. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT Q.S Al-Hijr [15] ayat (21):

وَإِن مِّن شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ ۚ ٢١

“Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu.” Q.S Al-Hijr [15] ayat (21).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dengan metode gravitasi di Lapangan “X” ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan analisa kualitatif pada kontur anomali lokal area penelitian dikelompokkan menjadi 3 pola anomali yaitu pola anomali rendah, sedang dan tinggi. Diduga sebaran batubara pada pola anomali sedang – tinggi.
2. Berdasarkan interpretasi kuantitatif potensi batubara muda terlihat pada hasil penampang model bawah permukaan sayatan AB, CD, dan EF dengan rata-rata kedalaman 5 sampai 15 meter di bawah permukaan dengan berdasarkan hasil model terdapat 5 *body*. Jenis pertama ditunjukkan dengan densitas 1,2 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai batubara muda. Jenis kedua ditunjukkan dengan densitas 1,7 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai batu pasir. Jenis ketiga ditunjukkan dengan 2,3 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai breksi tuf. Jenis keempat ditunjukkan dengan 2,67 gram/cm³ diinterpretasikan dengan lempung. Jenis kelima ditunjukkan dengan densitas 3 gram/cm³ diinterpretasikan sebagai campuran breksi gunungapi. Sedangkan pada hasil model GH terdapat 6 *body* yaitu batubara muda, batu pasir, breksi tuf, lempung, breksi gunungapi, dan campuran antara lempung, breksi tuf dan breksi gunungapi.

5.2 Saran

Pada penelitian ini interval jarak dari titik satu ke titik pengukuran yang lain terlalu rapat dan pada area penelitian memiliki variasi ketinggian yang bermacam-macam, sehingga berpengaruh terhadap proses reduksi bidang datar dan pemodelan. Diharapkan saat pengambilan data menggunakan jarak dengan interval spasi yang lebih lebar, agar mempermudah dalam proses reduksi bidang datar dan pemodelan dengan acuan tetap mempertimbangkan target penelitian.





DAFTAR PUSTAKA

- Al-Quran, *Al-Quran dan Terjemahnya*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Amperadi, Tri Budi. 2005. Tempat Terbentuknya Kandungan Sulfur dan Material aNoncombustible pada Batubara muda, Studi Kasus Daerah Sebulu, Kecamatan Sebulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur [tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Blakely, Richard J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. New York : Cambridge University Press
- Burger, Robert H. 1992. *Exploration Geophysics of the shallow subsurface*. New Jersey. Prentice Hall.
- Carlson, Plummer McGeary. 2005. *Physical Geology*. Edisi X. New York: McGraw-Hill Companies.
- Dampney, CGN.1969. *The Equivalent Source Technique*, Geophysics vol.34, no.1.
- Dobrin, Milton B. 1960. *Introduction to Geophysical Prospecting*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Hutton, A., and Jones, B, 1995, Coal Eksplorasi, MDCM, Bandung, 261 p
Sukandarrumidi. 2005. *Batubara muda dan Gambut*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Pr.

H. Samodra, Suharsono, S.Gafoer & T.Suwarti, 1992.

Islamiyah, Rofikatul. 2015. *Analisa Data Anomali Gravitasi Untuk Memodelkan Struktur Bawah Permukaan Geologi Bawah Permukaan Ranu Segaran*. Skripsi. Universitas Maulana Malik Ibrahim. Malang.

Indarwati, Rika. 2016. *Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo Berdasarkan Data Gaya Berat*. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.

Jacobs,J.A, Russel,R.D, Wilson,J.Tuzo. 1974. *Physics and Geology*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.

Kadir WGA. 1999. *Survey gaya berat 4 dimensi dan dinamika sumber bawah permukaan*, Surabaya: Prosiding HAGI XXIV.

Kirbani, S.B, 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika: Metode Gravitasi*, Laboratorium Geofisika Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Krevelen, D.W.Van. 1993. *Coal*. Tokyo (JPN): Elsevier.

Longman,I.M., 1969. *Formula for Computing the Tidal Acceleration Due to the Moon and Sun*. *Journal Geophysics Research*, Vol.64.2351-2355.

Nurchayati, Elena. 2016. *Analisis Spektrum Data Gravitasi Pada Daerah Potensi Emas*. Skripsi. Pongkor. Jawa Barat. Universitas Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Sari, Indah Permata. 2012. *Studi Komparasi Metode Filtering Untuk Pemisahan Anomali Regional dan Residual Dari Data Anomali Bourger*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.

Santoso, Djoko. 2002. *Diktat Kuliah TG-424 Eksplorasi Energi Panas Bumi*. Jurusan Teknik Geologi. Bandung: ITB.

Shihab, M. Quraish. *Membumikan Al-Qur'an, Fungsi dan Peran Wahyu dalam Masyarakat*. (Cet. I: Bandung: Mizan Media Utama. 2007).

Sulistianingsih, Fithri. 2009. *Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah X Unruk Menentukan Sumber Pasir Besi Dengan Metode Gravity*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Fisika. Depok. Universitas Indonesia.

Sunaryo.1997. *Panduan Praktikum Geofisika*. Universitas Brawijaya.

- Taufiquddin. 2014, Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Dengan Metode Gravity (Studi Kasus di Daerah Sumber Air Panas Desa Lombang Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep). Skripsi. Malang: UIN Malang.
- Telford W.M, Geldart L.P., dan Sheriff R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York : Cambridge University Press.
- Torkis, Rahman. 2012. *Analisa Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gaya Berat di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu*. Skripsi. Depok. Universitas Indonesia.
- Wachidah, Nurin. 2018. *Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Potensi Mineral Dengan Menggunakan Metode Gravitasi di Lapangan A. Poongkor, Jawa Barat*. ITS.
- Wahidah, Rohmatul. 2017. Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode GPR (*Ground Penetrating Radar*) Studi Kasus Di Desa Kebo Ireng Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur. Skripsi. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

LAMPIRAN



LAMPIRAN 2

Tabel Data Hasil Koreksi

date	jam	t (s)	Reading	read.mGal	Tidal	g tidal	apungan	mGal C	ΔG	G.Obs	Longitude	Latitude	G.M	Tinggi	C.Corr	Terrain	C.B.A	
11/11/2017	BASE	9.09	32940	1844,18333	1871,4482	0,0393	1871,487546	0	1871,487546	0	978079,44	111,7601	-8,26832	978139,0006	52	10,225639	0	-49,3349537
		10.27	37620	1838,6	1865,7832	0,0006	1865,78381	-0,068275763	1865,852086	-5,635460743	978073,8045	111,7571	-8,2666	978138,9564	88	17,304927	5	-43,0967417
		10.36	38160	1839,64	1866,8384	-0,0033	1866,835129	-0,076153736	1866,911282	-4,576263967	978074,8637	111,757	-8,26651	978138,9564	87	17,10828	5	-42,1245513
		10.52	39120	1839,64	1866,8384	-0,0098	1866,828629	-0,090159021	1866,918788	-4,568758682	978074,8712	111,757	-8,26642	978138,9541	85	16,714987	5	-42,4009544
		10.57	39420	1838,85333	1866,0402	-0,0117	1866,02855	-0,094535672	1866,123086	-5,364460695	978074,0755	111,7569	-8,26644	978138,9518	86	16,911633	5	-42,9680599
		11.05	39900	1838,83667	1866,0233	-0,0145	1866,00884	-0,101538315	1866,110378	-5,377167934	978074,0628	111,7568	-8,26645	978138,9523	88	17,304927	5	-42,5535932
		11.15	40500	1838,8	1865,9861	-0,0178	1865,968336	-0,110291618	1866,078628	-5,408918196	978074,0311	111,7568	-8,26646	978138,9525	89	17,501574	5	-42,388954
		11.34	41640	1838,72	1865,905	-0,0232	1865,881766	-0,126922893	1866,008689	-5,478857597	978073,9611	111,7568	-8,26654	978138,9528	92	18,091515	5	-42,0205521
		11.44	42240	1837,95	1865,1237	-0,0255	1865,098198	-0,135676196	1865,233874	-6,253672062	978073,1863	111,7567	-8,26656	978138,9549	95	18,681456	5	-42,2868136
		11.52	42720	1837,28333	1864,4473	-0,027	1864,420275	-0,142678839	1864,562954	-6,924592068	978072,5154	111,7567	-8,26665	978138,9554	99	19,460043	5	-42,3774705
		12.04	43440	1836,19667	1863,3447	-0,0289	1863,315808	-0,153182802	1863,468991	-8,018555793	978071,4214	111,7567	-8,26676	978138,9577	105	20,647925	4	-42,5414602
		12.15	44100	1835,46	1862,5973	-0,0301	1862,567161	-0,162811435	1862,729972	-8,75757415	978070,6824	111,7567	-8,26685	978138,9605	109	21,434512	4	-42,6906187
		13.29	48540	1836,87	1864,0279	-0,0249	1864,002994	-0,227585878	1864,23058	-7,258966523	978072,183	111,7568	-8,26683	978138,9628	105	20,647925	4	-41,8978085
		13.39	49140	1837,36	1864,5251	-0,0225	1864,502564	-0,236339181	1864,738903	-6,748642822	978072,6914	111,7569	-8,26682	978138,9623	101	19,861337	4	-42,0909493
		13.48	49680	1837,82	1864,9918	-0,02	1864,971796	-0,244217153	1865,216013	-6,271533456	978073,1685	111,757	-8,26681	978138,9621	98	19,271396	4	-42,130713
		14.07	50820	1837,9	1865,073	-0,0138	1865,059166	-0,260848429	1865,320015	-6,167531503	978073,275	111,7571	-8,2668	978138,9618	95	18,681456	4	-42,5924561
		14.21	51660	1837,74667	1864,9174	-0,0085	1864,90889	-0,273103053	1865,181993	-6,305553672	978073,1344	111,7572	-8,26678	978138,9616	92	18,091515	5	-43,1844175
		14.26	51960	1838,91667	1866,1045	-0,0065	1866,098011	-0,277479705	1866,37549	-5,11205867	978074,3279	111,7573	-8,26677	978138,961	86	16,911633	5	-43,0640513
		14.39	52740	1839,82	1867,0211	-0,001	1867,020063	-0,288858998	1867,308922	-4,178624681	978075,2614	111,7573	-8,26667	978138,9608	84	16,51834	5	-42,924855
		15.06	55320	1839,12	1866,3108	0,0116	1866,322419	-0,326498201	1866,648917	-4,838628904	978074,6014	111,7571	-8,2667	978138,9582	92	18,091515	5	-41,6661298
		15.22	55320	1838,47333	1865,6547	0,0196	1865,674289	-0,326498201	1866,000787	-5,486758882	978073,9532	111,757	-8,2667	978138,959	94	18,484809	5	-41,9498338
		15.38	56280	1839,58	1866,7776	0,0277	1866,805251	-0,340503486	1867,145754	-4,341792225	978075,0982	111,7571	-8,26649	978138,959	85	16,714987	5	-42,2262838
		15.47	56820	1839,55	1866,7471	0,0323	1866,779412	-0,348381459	1867,127793	-4,359753256	978075,0802	111,7571	-8,26641	978138,9536	84	16,51834	5	-42,3679631
		15.56	57360	1839,38	1866,5746	0,0369	1866,611524	-0,356259431	1866,967783	-4,519762973	978074,9202	111,757	-8,26632	978138,9515	84	16,51834	5	-42,4141584
		16.00	57600	1837,06	1864,2207	0,0389	1864,259574	-0,359760753	1864,619335	-6,86821129	978072,5718	111,757	-8,26623	978138,9492	84	16,51834	5	-44,666046
	BASE	16.38	56280	1843,83	1871,0897	0,0573	1871,147043	-0,340503486	1871,487546	0	978079,44	111,7601	-8,26832	978138,9469	52	10,225639	0	-44,0019571
12/11/2017	BASE	08.57	32220	1843,15333	1869,903	0,0857	1869,988655	0	1869,988655	0	978079,44	111,7601	-8,26832	978139,0006	52	10,225639	0	-44,1847843
		09.10	33000	1838,71	1865,3946	0,0797	1865,474301	0,007962482	1865,466338	-4,522316839	978074,9177	111,7569	-8,26624	978139,0006	85	16,714987	5	-42,1420855
		10.00	36000	1838,85	1865,5366	0,0525	1865,58915	0,038587414	1865,550562	-4,438093085	978075,0019	111,7569	-8,26634	978138,9471	85	16,714987	5	-42,0094066
		10.22	37320	1838,19	1864,867	0,0392	1864,906191	0,052062384	1864,854129	-5,134526142	978074,3055	111,7568	-8,26635	978138,9497	85	16,714987	5	-42,4775038
		10.43	38580	1838,05	1864,7249	0,0263	1864,751243	0,064924855	1864,686318	-5,302337298	978074,1377	111,7566	-8,26638	978138,95	87	17,10828	5	-42,2805257
		10.51	39060	1837,67333	1864,3428	0,0214	1864,364164	0,069824844	1864,294339	-5,694316231	978073,7457	111,7566	-8,26628	978138,9507	84	16,51834	5	-43,3149408
		11.06	39960	1838,53	1865,212	0,0123	1865,224267	0,079012324	1865,145254	-4,843400704	978074,5966	111,7567	-8,26627	978138,9482	84	16,51834	5	-42,6944365
		11.30	41400	1838,6	1865,283	-0,0015	1865,281491	0,093712291	1865,187779	-4,800876329	978074,6391	111,7568	-8,26625	978138,9479	85	16,714987	5	-42,395109
		11.45	42300	1839,06	1865,7497	-0,0095	1865,740223	0,10289977	1865,637323	-4,351332414	978075,0887	111,7571	-8,26622	978138,9474	83	16,321693	5	-42,3860659
		11.50	42600	1839,23	1865,9222	-0,012	1865,91021	0,105962263	1865,804248	-4,184407218	978075,2556	111,7572	-8,2662	978138,9466	82	16,125046	5	-42,4970207
		12.15	44100	1839,24	1865,9324	-0,0235	1865,908857	0,121274729	1865,787582	-4,20107335	978075,2389	111,7572	-8,2663	978138,9461	81	15,928399	5	-42,7799803
		13.19	47940	1839,56	1866,257	-0,0409	1866,216139	0,160474642	1866,055665	-3,93290553	978075,507	111,7572	-8,26639	978138,9487	81	15,928399	5	-42,8004964
		13.28	48480	1839,27	1865,9628	-0,0417	1865,921096	0,165987129	1865,755108	-4,233546746	978075,2065	111,7573	-8,26648	978138,951	81	15,928399	5	-43,1053918
		13.37	49020	1838,78	1865,4656	-0,0421	1865,423525	0,171499617	1865,252026	-4,736629631	978074,7034	111,757	-8,26662	978138,9533	90	17,698221	5	-41,6822126
		13.52	49920	1838,56	1865,2424	-0,0418	1865,200606	0,180687097	1865,019919	-4,968736473	978074,4713	111,7569	-8,26662	978138,9569	91	17,894868	5	-41,7267032
		13.57	50220	1838,56	1865,2424	-0,0415	1865,200906	0,18374959	1865,017156	-4,971498966	978074,4685	111,7569	-8,26654	978138,9569	90	17,698221	5	-42,1308716
		14.07	50820	1838,41	1865,0902	-0,0403	1865,049911	0,189874576	1864,860036	-5,128618972	978074,3114	111,7569	-8,26653	978138,9549	88	17,304927	5	-42,9038016
		14.22	51720	1837,70667	1864,3766	-0,0377	1864,338886	0,199062056	1864,139824	-5,84883165	978073,5912	111,7568	-8,26664	978138,9546	96	18,878102	5	-41,9759085
		14.37	52620	1836,64	1863,2943	-0,0338	1863,26051	0,208249535	1863,05226	-6,936395164	978072,5036	111,7568	-8,26674	978138,9574	101	19,861337	4	-41,5866976
		14.49	53340	1837,64333	1864,3123	-0,03	1864,282325	0,215599519	1864,066725	-5,921929909	978073,5181	111,7569	-8,26672	978138,96	96	18,878102	5	-41,3316523
		14.58	53880	1838,14	1864,8163	-0,0266	1864,78966	0,221112006	1864,563548	-5,420107438	978074,0199	111,7567	-8,26647	978138,9595	91	17,894868	5	-41,9698649
		15.16	54960	1838,07	1864,7452	-0,0189	1864,726335	0,232136982	1864,494198	-5,494456756	978073,9455	111,7567	-8,26637	978138,9531	86	16,911633	5	

LAMPIRAN 3

Dokumentasi Kegiatan Akuisisi Data Lapangan



