

**IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK  
MENGUNAKAN METODE GRAVITY  
(STUDI KASUS DESA BATANG-BATANG LAOK  
KECAMATAN BATANG-BATANG KABUPATEN SUMENEP)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**NUR ROHMAD HIDAYATULLAH**

**NIM. 14640052**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK  
IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK  
MENGUNAKAN METODE GRAVITY  
(STUDI KASUS DESA BATANG-BATANG LAOK  
KECAMATAN BATANG-BATANG KABUPATEN SUMENEP)**

**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:**

**Nur Rohmad Hidayatullah  
NIM. 14640052**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
202**

## HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK  
MENGUNAKAN METODE GRAVITY  
(STUDI KASUS DESA BATANG-BATANG LAOK  
KECAMATAN BATANG-BATANG KABUPATEN SUMENEP)

SKRIPSI

Oleh:  
Nur Rohmad Hidayatullah  
NIM 14640052

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji  
Pada tanggal: Desember 2020

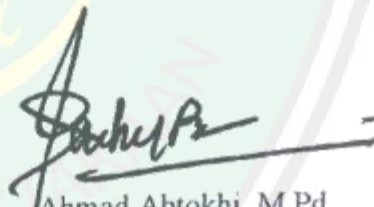
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II




Irjan, M.Si  
NIP. 19691231 200604 1 003



Ahmad Abtokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 2003121 004

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



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

## HALAMAN PENGESAHAN




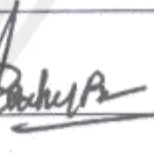
IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK  
MENGUNAKAN METODE GRAVITY  
(STUDI KASUS DESA BATANG-BATANG LAOK  
KECAMATAN BATANG-BATANG KABUPATEN SUMENEP)

SKRIPSI

Oleh:

Nur Rohmad Hidayatullah  
NIM. 14640052

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi,  
dan Disahkan Pada tanggal: 17 Desember 2020

Penguji Utama :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji :	<u>Rusli, M.Si</u> NIDT. 19880715 20180201 1 245	
Sekretaris Penguji :	<u>Irian, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji :	<u>Ahmad Atokhi</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 : Nur Rohmad Hidayatullah  
NIM : 14640052  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Gas Biogenik Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus Desa Batang-Batang Laok Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep)

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 sumberkutipan 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, Desember 2020  
Membuat Pernyataan,



Nur Rohmad Hidayatullah  
NIM. 14640052

**MOTTO**

**THE IMPORTANT THING IS SURE**



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya Bapak Amin dan Ibu Umi, serta kepada keluarga saya khususnya sepupu saya Rohman, trimakasih atas segala dukungan, doa serta motivasi sehingga mengantarkan saya menyelesaikan perkuliahan

Kepada teman-teman fisika trimakasih atas dukungan dan bantuannya selama ini terutama para pejuang akhir yang tak kenal lelah mengingatkan

Trimakasih kepada semua dosen fisika yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya serta pengalaman ilmunya

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik. Proposal skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “Identifikasi Sebaran Gas Biogenik Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus Desa Batang-Batang Laok Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep)”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang pencerahan dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini dengan baik. Khususnya penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
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 Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Irjan, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang dengan sabar membimbing dengan teliti dan memberikan arahan untuk penulis sehingga mampu menyelesaikan proposal ini dengan baik.
5. Bapak, Ibu, Adik dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
6. M. Fakhrol Asyari, S.Si dan Fahrurrijal Aziz, S.Si selaku Pembimbing Lapangan yang dengan sabar membimbing dan teliti memberi arahan serta setia menemani penulis sehingga mampu menyelesaikan proposal ini dengan baik. Terimakasih untuk bimbingan dalam Pikiran, Hati dan Jiwa.



7. Sahabat-sahabat Fisika 2014 dan Sahabat Padepokan NonPNS yang tiada henti memberikan semangat dalam menyusun proposal ini.
8. Serta terimakasih semua pihak yang telah membantu penyusunan proposal skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, aaamiin. Penulisan berharap semoga Proposal Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 5 Oktober 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b>	
2.1 Minyak dan Gas .....	7
2.1.1 Gas Biogenik .....	8
2.1.2 Perangkap Reservoir .....	10
2.2 Prinsip Gravitasi .....	14
2.2.1 Teori Gravitasi Newton .....	14
2.2.2 Metode Gravitasi .....	15
2.2.3 Distribusi Massa .....	15
2.2.4 Rapat Massa .....	16
2.2.5 Gravitasi Normal .....	17
2.3 Koreksi Awal .....	18
2.3.1 Koreksi Skala Pembacaan .....	18
2.3.2 Koreksi Tidal .....	18
2.3.3 Koreksi <i>Drift</i> .....	19
2.3.4 Koreksi Gravitasi Normal .....	20
2.3.5 Koreksi Udara Bebas .....	21
2.3.6 Koreksi Bouguer .....	21
2.3.7 Koreksi Medan .....	22
2.3.8 Anomalli Bouguer .....	24
2.4 Reduksi Bidang Datar .....	24
2.5 Kontinuitasi ke Atas ( <i>Upward Continuation</i> ) .....	25
2.6 Model Densitas .....	26
2.7 Geologi Daerah Penelitian .....	27
2.7.1 Geografis Wilayah .....	27
2.7.2 Morfologi .....	29
2.7.3 Stratigrafi .....	29
2.7.4 Struktur .....	32

2.8 Gravimeter LaCoste & Romberg .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	36
3.2 Data Penelitian .....	36
3.3 Peralatan Penelitian .....	37
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	37
3.4.1 Akuisisi Data .....	37
3.4.2 Pengolahan Data .....	39
3.4.3 Interpretasi Data .....	44
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Akuisisi Data .....	46
4.2 Hasil Pengolahan Data .....	46
4.3 Anomali Bouguer Lengkap .....	48
4.4 Reduksi Bidang Datar .....	49
4.5 Interpretasi Kualitatif .....	50
4.6 Interpretasi Kuantitatif .....	53
4.6.1 Lintasan <i>Slice A-A'</i> .....	54
4.6.2 Lintasan <i>Slice B-B'</i> .....	56
4.6.3 Lintasan <i>Slice C-C'</i> .....	57
4.7 Model Penampang 3 Dimensi .....	58
4.8 Kajian Al Qur'an .....	60
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pendekatan Bouger Untuk Massa Di Atas Permukaan Laut.....	22
Gambar 2.2 Model <i>Hammer Chart</i> Untuk Koreksi Medan .....	23
Gambar 2.3 Sumber Ekuivalen Titik Massa .....	25
Gambar 2.4 Model Dua Dimensi Dengan Menggunakan Polygon Sederhana.....	26
Gambar 2.5 Lembar Geologi Daerah Penelitian .....	28
Gambar 2.6 Desain Gravimeter LaCoste & Romberg .....	33
Gambar 2.7 Gerakan <i>Zero-length springs</i> Dalam Gravimeter.....	34
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....	36
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	45
Gambar 4.1 Kontur Topografi Dan Titik Prngukuran Daerah Penelitian.....	47
Gambar 4.2 Kontur Anomali Bouguer Lengkap.....	48
Gambar 4.3 Kontur Hasil Reduksi Bidang Datar Dengan Ketinggian 90 m.....	50
Gambar 4.4 Kontur Anomali Regional Hasil Kontinuitasi Keatas Pada Ketinggian 500 m .....	52
Gambar 4.5 Kontur Anomali Lokal Hasil Kontinuitasi Keatas Pada Ketinggian 500 m.....	52
Gambar 4.6 Profil <i>Slice A-A'</i> , <i>B-B'</i> dan <i>C-C'</i> Pada Kontur Anomali Lokal .....	54
Gambar 4.7 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan <i>A-A'</i> .....	55
Gambar 4.8 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan <i>B-B'</i> .....	56
Gambar 4.9 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan <i>C-C'</i> .....	57
Gambar 4.8 Model Penampang 3 Dimensi Penampang <i>A-A'</i> , <i>B-B'</i> dan <i>C-C'</i> .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Densitas Batuan.....	17
Tabel 2.2 Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian.....	32
Tabel 3.1 Konversi Harga Pembacaan.....	40
Tabel 4.1 Hasil Model Lintasan A-A'.....	55
Tabel 4.2 Hasil Model Lintasan B-B'.....	56
Tabel 4.3 Hasil Model Lintasan C-C'.....	57



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Hasil Konversi

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan Akuisisi Data Lapang



## ABSTRAK

Hidayatullah, Nur Rohmad. 2020. Identifikasi Sebaran Gas Biogenik Menggunakan Metode Gravity (Studi Kasus Desa Batang-Batang Laok Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep). 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, Gas Biogenik.

Penelitian geofisika dengan metode gravitasi telah dilakukan untuk identifikasi sebaran gas biogenik menggunakan metode gravity di Desa Batang-Batang Laok Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep 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 50 titik pada luasan 700 m x 700 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 mGal hingga 2 mGal. Struktur bawah permukaan secara umum tersusun oleh tanah, pasir, lempung dan gamping. Keberadaan gas biogenik di bawah permukaan ditunjukkan dengan pola kontur sedang. Hasil pemodelan bawah permukaan menunjukkan keberadaan gas biogenik yang terjebak pada lempung dengan rata-rata kedalaman  $\pm 50$  m – 200 m dengan densitas  $2,21 \text{ g/cm}^3$ .

## ABSTRACT

Hidayatullah, Nur Rohmad. 2020. Identification of Biogenic Gas Distribution Using Gravity Method (Case Study of Batang-Batang Laok Village, Batang-Batang District Sumenep Sub-District). Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisor: (I) Irjan, M. Si. (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd.

---

Keywords: Gravity Method, local anomalies, biogenic gas.

Geophysical research by gravity method has been done to identify the distribution of biogenic gas using gravity method in Batang-Batang Laok Village, Batang-Batang Kabupaten Sumenep sub-district using gravimeter lacoste romberg type G-1053. This study aims to find out the structure of geologi below the surface in the research area based on gravitational methods. Data obtained as much as 50 points at an area of 700 m x 700 m. Data retrieval is done in a loop forming a grid. Qualitative interpretation is done using Surfer Software and quantitative interpretation is done using Oasis Montaj Software. The results showed local anomaly values in the range of -2 mGal to 2 mGal. Sub-surface structure is generally composed of, sand, clay and limestone. The veryness of the biogenic gas below the surface is indicated by a moderate contour pattern. Sub-surface modeling results showed the release of biogenic gas trapped in clay with an average depth of  $\pm 50$  m – 200 m with a density of 2.21 g/cm<sup>3</sup>.



## ملخص البحث

هداية الله ، نور رحم .2020. تحديد توزيع الغاز الحيوي باستخدام طريقة الجاذبية (دراسة حالة قرية باتانغ - باتانغ لاوك، باتانغ - باتانغ كابويتن سومينسوبييت .(اطروحه .قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية مالانغ . مستشار : المشرف: (1) إرجان، الماجستير (2) أحمد أبطخي ، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: طريقة الجاذبية، الشذوذ المحلي، الغاز الحيوي

قد أجريت البحوث الجيوفيزيائية حسب طريقة الجاذبية لتحديد توزيع الغاز الحيوي باستخدام طريقة الجاذبية في قرية باتانغ - باتانغ لاوك، باتانغ - باتانغ كابويتن سومينسوبييت دون المنطقة باستخدام مقياس الجاذبية لأكوستي رومبرغ للنوع G-1053 . تهدف هذه الدراسة إلى معرفة بنية جيولوجي تحت السطح في مجال البحث استنادًا للأساليب الجاذبية. البيانات التي تم الحصول عليها بقدر 50 نقطة على مساحة 700 م × 700 م. يتم استرجاع البيانات في حلقة تشكل شبكة. يتم التفسير النوعي باستخدام سيرفر البرمجيات ويتم تفسير كمي باستخدام Oasis Montaj البرمجيات. وأظهرت النتائج قيم الشذوذ المحلية في نطاق -2 mGal إلى 2 mGal. يتكون الهيكل تحت السطح عموماً من، والطين والحجر الجيري. ويشير إلى حدة الغاز الحيوي تحت السطح نمط محيط معتدل. وأظهرت نتائج النمذجة تحت السطحية إطلاق الغاز الحيوي المحاصر في الطين بمتوسط عمق  $\pm 50$  متر - 200 متر بكتافة 2.21 جم/سم<sup>3</sup>.

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan percepatan pembangunan nasional beberapa tahun terakhir yang tidak diimbangi dengan pertumbuhan kebutuhan energi mengakibatkan semakin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi seiring dengan perjalanan waktu. Sumber daya energi saat ini masih didominasi oleh energi fosil, yaitu; minyak (*oil*), gas bumi (*gas*) dan batu bara. Oleh karena itu perlu adanya sumber energi alternatif lain yang dapat menggantikan energy tersebut. Salah satunya adalah energi alternatif dari gas biogenik yang banyak ditemukan di Indonesia.

Gas biogenik adalah salah satu jenis gas dangkal yang terperangkap pada lapisan sedimen laut berumur Holosen (<10.000 tahun yang lalu). Sumber gas ini berupa lapisan endapan yang mengandung fragmen organik yang kandungannya lebih dari 95% berupa gas metana dan sekitar 2% berupa gas karbondioksida dan nitrogen. Kemunculan gas biogenik ke permukaan dapat dipicu dari adanya rekahan-rekahan atau zona lemah yang ada disekitarnya. Potensi akumulasi sedimen yang mengandung gas (gas charged sediment) ditemukan dari hasil pemetaan horizontal pada kawasan perairan dangkal terutama di muara sungai purba yang berasal dari maturasi tumbuhan rawa purba yang tertimbun sedimen resen (Lubis, 2015).

Ada dua komponen utama didalam pembentukan gas metan biogenik yaitu : material organik (moluska, tumbuh-tumbuhan) dan bakteri metanogenik sebagai katalisator. Gas metan biogenik akan terbentuk jika tersedia material organik yang

cukup dan berada dalam lingkungan anaerobik (tidak ada oksigen) sehingga terjadi proses kimiawi reduksi. Media atau sedimen dengan porositas yang cukup merupakan salah satu lingkungan yang diperlukan oleh bakteri anaerobik untuk bisa bebas berkembang seperti lanau atau pasir halus. Unsur karbon yang terlepas dari material organik dan hydrogen (H-) yang berasal dari material organik, air tawar (H<sub>2</sub>O) maka akan menghasilkan gas metan (CH<sub>4</sub>) akibat aktivitas bakteri anaerobik. Bakteri anaerobik tersebut sebagai katalisator. Gas yang dihasilkan ini adalah gas metan biogenik.

Kabupaten Sumenep merupakan salah satu kabupaten di pulau Madura dengan potensi sumber daya alam (SDA) yang sangat melimpah. Eksplorasi mineral, minyak dan gas bumi telah banyak dilakukan di beberapa tempat di wilayah kabupaten Sumenep dan kepulauannya. Desa Lombang Kecamatan Batang-Batang merupakan bagian dari daerah Waru-Sumenep yang termasuk lajur Rembang. Lajur ini merupakan punggungan yang terlipat dan membentuk antiklinorium yang memanjang pada arah barat-timur. Daerah ini pada umumnya termasuk perbukitan landai hingga pegunungan berlereng terjal (Simutorang, dkk. 1992).

Pada 14 Februari 2019 terjadi fenomena alam berupa keluarnya api dari dalam tanah didusun Jendir desa Batang-batang Laok, Kecamatan Batang-batang, Sumenep, Madura, Jawa timur. Fenomena alam itu terjadi saat pengeboran sumur. Terkait kejadian tersebut, kepala bagian energy dan sumber daya alam (ESDA) kabupaten Sumeneb menduga kejadian tersebut disebabkan oleh gas metana, hal itu sering terjadi pada daerah tersebut. Misalnya, di Rubaru, Manding dan Pasongsongan.

Melihat fenomena tersebut, perlu dilakukannya penelitian yang bertujuan untuk mengeksplorasi lokasi semburan gas tersebut sehingga nantinya dapat diketahui bagaimana struktur bawah permukaan dari lokasi semburan gas tersebut, serta dapat diperkirakan sebaran gas di bawah permukaan tanah. Petunjuk untuk melakukan eksplorasi telah tersirat dalam ayat suci Al-Qur'an. Sebagaimana firman Allah dalam surat ar-Rahman ayat 33:

بِمُعَشَرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنَّ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَنٍ ۝۳۳

*Artinya : "Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan." (Ar Rahman: 33).*

Ayat di atas memberikan pemahaman bahwa sebagai hamba Allah, manusia telah diberikan kesempatan melakukan eksplorasi untuk mengetahui apa yang ada di langit maupun di bumi. Namun untuk dapat melakukan hal tersebut diperlukan kekuatan. Kekuatan yang di maksud dapat berupa ilmu pengetahuan memadai yang telah dimiliki oleh manusia (Purwanto, 2015).

Manusia juga telah diberikan keleluasaan dalam mempelajari dan mengeksplorasi apa yang ada di alam ini sebagaimana firman Allah dalam surat Luqman ayat 20:

أَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ ظُهْرًا وَبَاطِنًا وَمَنْ  
النَّاسِ مَنْ يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُنِيرٍ ۝۲۰

*Artinya :“Tidakkah kamu perhatikan sesungguhnya Allah telah menundukkan untuk (kepentingan)mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. Dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan.”(Luqman: 20).*

Dari ayat di atas dapat dipahami bahwa apa yang ada di langit maupun di bumi telah ditundukkan untuk manusia, sehingga melalui petunjuk dan izin Allah SWT manusia dapat mengambil manfaat dan ilmu pengetahuan dari apa yang ada di alam ini untuk kepentingan manusia maupun kepentingan alam (Purwanto, 2015).

Ada beberapa metode dalam Geofisika yang digunakan untuk eksplorasi salah satunya adalah metode gravitasi. Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pencarian perbedaan kecil medan gravitasi akibat adanya perbedaan nilai rapat massa material pada bawah permukaan. Karena metode gravitasi dapat mengetahui perbedaan rapat massa suatu material dengan lingkungan sekitarnya, metode ini dapat memperkirakan struktur bawah permukaan, sehingga sering digunakan dalam eksplorasi, baik untuk eksplorasi minyak maupun eksplorasi mineral lainnya. Dalam pengukuran metode gravitasi, nilai yang diperoleh bukan merupakan nilai gravitasi asli wilayah tersebut, melainkan ada beberapa faktor lain yang mempengaruhinya, antara lain ketinggian wilayah pengamatan, perbedaan lintang, pasang surut, topografi, kesalahan pada alat, dan lain-lain.

Penerapan metode gravity pernah dilakukan oleh Lutfia, dkk (2012) untuk Eksplorasi Parameter Fisik Cekungan Migas di Perairan Blok Ambalat dengan hasil Pada daerah penelitian diketahui memiliki banyak kandungan sedimen pasir, kerikil, lempung, gamping yang telah terkompaksi menjadi batuan dengan

densitas rata-rata 2.000 gram/cm. Dari data-data kandungan sedimen tersebut perairan ambalat memiliki potensi migas. Dari hasil perhitungan tugas akhir ini diketahui volume cekungan migas sebesar  $615440 \times 10^3$  liter dengan nilai validasi tingkat error rata-rata sebesar -0,828255.

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Badmus, dkk (2011) Hasil dari penelitian ini adalah menginterpretasikan hidrokarbon berdasarkan hasil model 3D yang selaras dengan seismik.

Diharapkan dengan metode graviti dapat menentukan batuan reservoir dan dapat melihat sebaran keberadaan gas pada area penelitian.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana sebaran gas pada area penelitian menggunakan metode gravity?
2. Bagaimana struktur bawah permukaan pada area penelitian menggunakan metode gravity?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui sebaran gas pada area penelitian menggunakan metode gravity.
2. Untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada area penelitian menggunakan metode gravity.

#### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan alat gravity *lacostromberg*.
2. Luasan area 700 m x 700 m pada area semburan gas.
3. Pengolahan data menggunakan *software surfer 12, Microsoft excel, Oasis Montaj, Magpick, Matlab 2012*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis :
  - a. Menambah wawasan ilmu tentang metode gravitasi.
  - b. Meningkatkan kemampuan pengolahan data metode gravitasi.
2. Manfaat praktis :
  - a. Menjadi informasi warga setempat akan sebaran gas pada daerah penelitian.

## **BAB II KAJIAN TEORI**

### **2.1 Minyak dan Gas**

Menurut Koesoemadinata (1998) minyak dan gas bumi adalah istilah Indonesia yang pemakaiannya telah mendarah daging bagi kita. Sebelumnya, lebih banyak dipergunakan orang istilah minyak tanah yang berarti minyak yang dihasilkan dari dalam tanah. Dengan diketahui bahwa minyak tanah atau minyak mentah itu terdapat bersama-sama dengan gas alam, maka istilah yang lazim sekarang adalah minyak dan gas bumi

Menurut Telford (1990) jutaan tahun yang lalu dalam lingkungan perairan bahan organik tertimbun di dasar laut, karena pengaruh tekanan dan perubahan suhu bahan-bahan tersebut terkonversi menjadi hidrokarbon. Minyak bumi terbentuk dari fosil-fosil hewan dan tumbuhan kecil yang hidup di laut dan tertimbun selama berjuta-juta tahun lampau. Ketika hewan dan tumbuhan laut mati, jasad mereka tertimbun oleh pasir dan lumpur di dasar laut. Setelah ribuan tahun tertimbun, akibat pengaruh tekanan dan suhu bumi yang tinggi, lapisan-lapisan lumpur dan pasir berubah menjadi batuan. Akibat tekanan dan panas bumi, fosil hewan dan tumbuhan yang terjebak di lapisan batuan secara perlahan berubah menjadi minyak mentah dan gas alam. Kedua bahan tersebut terperangkap di antara lapisan-lapisan batuan dan tidak dapat keluar. Batuan-batuan yang ada didalam permukaan bumi memiliki jenis-jenis berbeda diantaranya terdapat batuan metamorf, sedimen dan beku. Batuan metamorf adalah batuan yang merupakan batuan alihan dari batuan sedimen ataupun beku akibat tekanan dan temperature (Lutfia, 2012).



### 2.1.1 Gas Biogenik

Pembentukan gas dangkal dapat terjadi secara biogenik atau pun termogenik. Khusus pada pembentukan gas biogenik, gas ini terbentuk dengan proses biogenik sebagai hasil dekomposisi material organik oleh bakteri metanogenik pada suhu rendah yang sesuai dengan lingkungan pertumbuhan bakteri metanogenik (Rice & Claypool, 1981).

Gas biogenik terbentuk oleh bakteri dan hewan dan dapat didefinisikan sebagai metana yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik karena terbentuk oleh aktivitas organik pada suhu rendah pada sedimen muda saja. Sedangkan termogenik terbentuk akibat kegiatan tektonik dengan suhu tinggi dan umumnya terdapat di bawah permukaan yang sangat dalam walaupun muncul ke kedalaman dangkal mekanisme penetrasi melalui celah-celah (Faturrachman, 2004).

Pemetaan geologi kelautan sistematis di wilayah perairan Laut Jawa dan Selat Madura yang dilakukan oleh P3GL tahun 2004 menggunakan seismik resolusi tinggi memperlihatkan indikasi potensi sumber gas biogenik yang terperangkap pada sedimen Holocene dan hasil pemboran laut dangkal pada kedalaman sekitar 20 m dari dasar laut di kawasan itu juga ditemukan adanya sedimen berwarna gelap yang diduga sebagai sumber gas yang kaya akan organic matter. Lapisan pembawa gas di laut Jawa dan selat Madura umumnya ditemukan pada kedalaman antara 20-50 m di bawah dasar laut (Lubis, 2015).

Gas biogenik adalah salah satu jenis gas dangkal yang terperangkap pada lapisan sedimen laut berumur Holosen (<10.000 tahun yang lalu). Sumber gas ini berupa lapisan endapan yang mengandung fragmen organik yang

kandungannya lebih dari 95% berupa gas metana dan sekitar 2% berupa gas karbondioksida dan nitrogen. Kemunculan gas biogenik ke permukaan dapat dipicu dari adanya rekahan-rekahan atau zona lemah yang ada disekitarnya. Potensi akumulasi sedimen yang mengandung gas (gas charged sediment) ditemukan dari hasil pemetaan horizontal pada kawasan perairan dangkal terutama di muara sungai purba yang berasal dari maturasi tumbuhan rawa purba yang tertimbun sedimen resen (Lubis, 2015).

Ada dua komponen utama didalam pembentukan gas metan biogenik yaitu: material organik (moluska, tumbuh-tumbuhan) dan bakteri metanogenik sebagai katalisator. Gas metan biogenik akan terbentuk jika tersedia material organik yang cukup dan berada dalam lingkungan anaerobik (tidak ada oksigen) sehingga terjadi proses kimiawi reduksi. Media atau sedimen dengan porositas yang cukup merupakan salah satu lingkungan yang diperlukan oleh bakteri anaerobik untuk bisa bebas berkembang seperti lanau atau pasir halus. Unsur karbon  $C_4+$  yang terlepas dari material organik dan hydrogen ( $H_2$ ) yang berasal dari material organik dan air tawar ( $H_2O$ ) maka akan menghasilkan gas metan ( $CH_4$ ) akibat aktivitas bakteri anaerobik. Gas yang dihasilkan dari reaksi ini yang dikenal dengan gas biogenik. Gas Biogenik adalah jenis gas alam atau gas rawa dengan gas metana merupakan komponen utama yang terbentuk secara alamiah dalam proses pembentukan metana oleh bakteri dengan menggunakan  $CO_2$  &  $H_2$  (Hunt, 1996 dalam Zuraida, 2003).

Kemunculan gas biogenik ke permukaan dapat dipicu dari adanya rekahan-rekahan atau zona lemah yang ada disekitarnya. Umumnya gas biogenik terperangkap pada sedimen yang belum matang (immature) dan pada

kedalaman yang dangkal dengan gradien geotermal rendah, termasuk gas biogenik yang terbentuk pada sedimen laut dengan lingkungan anaerob dan pada zona kandungan sulfat yang menurun. Kondisi-kondisi ini sangat spesifik sehingga gangguan sedikit terhadapnya akan berpengaruh terhadap pembentukan dan keberadaan gas biogenik (Rice & Claypool, 1981 dalam Arifin, 2010).

Kantong gas (*gas pockets*) umumnya terdapat pada kedalaman lebih dari sepuluhmeter. Gas biasanya bermigrasi pada sedimen halus seperti lempung. Ciri-ciri indikasi keterdapatannya gas biogenik dari hasil interpretasi rekaman strata box adalah berupa kantong gas, sediment cloud, dan gundukan material sedimen dengan berbagai ukuran dan bentuk yang terdapat di dasar sungai (Astawa, 2016).

### **2.1.2 Perangkap Reservoir**

Perangkap reservoir merupakan unsur pasling penting dalam cara terdapatnya minyak dan gas bumi. Malahan eksplorasi atau pencaharian minyak dan gas bumi sampai kini ditunjukkan kepada pencaharian perangkap. Istilah perangkap atau jebakan (*trap*), mengandung arti seolah-olah minyak terjebak atau tersangkut dalam suatu keadaan sehingga tidak bisa lepas lagi (Koesoemadinata, dkk. 1998).

Kehadiran minyak bumi tergantung pada cekungan dan sangat bergantung pada batuan sumber, perkembangan reservoir, jalan migrasi, pembentukan perangkap, dan keberadaan batuan penutup yang baik (Moehadi, 2011).

Perangkap minyak bumi sendiri merupakan tempat terkumpulnya minyak bumi yang berupa perangkap dan mempunyai bentuk konkav ke bawah sehingga minyak dan gas bumi dapat terjebak di dalamnya. Perangkap minyak bumi ini sendiri terbagi menjadi Perangkap Stratigrafi, Perangkap Struktural, Perangkap Kombinasi Stratigrafi-Struktur dan perangkap hidrodinamik sebagai berikut (Koesoemadinata, 1990):

a. Perangkap Stratigrafi

Perangkap stratigrafi adalah suatu istilah umum untuk perangkap yang terjadi karena berbagai variasi lateral dalam litologi satu lapisan reservoir atau penghentian dalam kelanjutan penyaluran minyak dalam bumi (Koesoemadinata, 1998).

Prinsip perangkap stratigrafi adalah bahwa minyak dan gas bumi terjebak dalam perjalanannya keatas terhalang dari segala arah terutama dari bagian atas dan pinggir, karena batuan reservoir menghilang atau fasies menjadi batuan lain atau batuan yang karakteristik dari reservoir menghilang sehingga menjadi penghalang (Koesoemadinata, 1998).

b. Perangkap Struktural

Jenis perangkap selanjutnya adalah perangkap struktural, dimana perangkap ini banyak dipengaruhi oleh kejadian deformasi perlapisan dengan terbentuknya struktur lipatan dan patahan yang merupakan respon dari kejadian tektonik dan merupakan perangkap yang paling asli dan perangkap yang paling penting, pada bagian ini berbagai unsur perangkap yang membentuk lapisan penyekat sehingga lapisan reservoir dapat menangkap minyak, disebabkan oleh

gejala tektonik atau struktur seperti pelipatan dan patahan (Koesoemadinata, 1990).

#### c. Jebakan Patahan

Patahan dapat juga bertindak sebagai unsur penyekat minyak dalam penyaluran penggerakan minyak selanjutnya. Kadang – kadang dipersoalkan pula apakah patahan itu bersifat penyekat atau penyalur. Dalam hal ini Smith (1966) dalam Koesoemadinata (1998) berpendapat bahwa persoalan patahan sebagai penyekat sebetulnya tergantung dari tekanan kapiler. Pengkajian teoritis memperlihatkan bahwa patahan dalam batuan yang basah air tergantung pada tekanan kapiler dari medium dalam jalur patahan tersebut. Besar kecilnya tekanan yang disebabkan karena pelampungan minyak atau kolom minyak terhadap besarnya tekanan kapiler menentukan sekali apakah patahan itu bertindak sebagai penyalur atau penyekat. Jika tekanan tersebut lebih besar daripada tekanan kapiler maka minyak masih, dapat tersalurkan melalui patahan, tetapi jika lebih kecil maka patahan tersebut akan bertindak sebagai suatu penyekat (Koesoemadinata, 1998).

#### d. Jebakan Lipatan

Perangkap yang disebabkan oleh pelipatan ini merupakan perangkap utama, perangkap yang paling penting dan merupakan perangkap yang pertama kali dikenal dalam perusahaan minyak bumi. Unsur yang mempengaruhi pembentukan perangkap ini ialah lapisan penyekat dan penutup yang berada di atasnya dan dibentuk sedemikian rupa sehingga minyak terjebak. Minyak tidak bisa lari ke atas karena terhalang oleh lapisan penyekat, juga kepinggir terhalang oleh lapisan penyekat yang melengkung ke daerah pinggir,

sedangkan ke bawah terhalang oleh adanya batas air minyak atau bidang ekipotensial. Namun harus diperhatikan pula bahwa perangkap ini harus ditinjau dari segi 3 dimensi, jadi bukan saja ke barat dan timur, tetapi juga ke arah utara – selatan harus terhalang.

e. Perangkap Kombinasi

Perangkap yang selanjutnya adalah perangkap kombinasi antara struktural dan stratigrafi. Dimana pada perangkap jenis ini merupakan faktor bersama dalam membatasi Bergeraknya atau menjebak minyak bumi dan pada jenis perangkap ini, terdapat lebih dari satu jenis perangkap yang reservoir. Sebagai contohnya antiklin patahan, terbentuk ketika patahan memotong tegak lurus pada antiklin dan pada perangkap ini kedua perangkapnya tidak saling mengendalikan perangkap itu sendiri.

f. Perangkap Hidrodinamik

Perangkap yang terakhir adalah perangkap hidrodinamik. Perangkap ini sangat jarang karena dipengaruhi oleh pergerakan air. Pergerakan air ini yang mampu merubah ukuran pada akumulasi minyak bumi atau dimana jebakan minyak bumi yang pada lokasi tersebut dapat menyebabkan perpindahan. Kemudian perangkap ini digambarkan pergerakan air yang biasanya dari air hujan, masuk kedalam reservoir formasi, dan minyak bumi bermigrasi ke reservoir dan bertemu untuk migrasi ke atas menuju permukaan melalui permukaan air. Kemudian tergantung pada keseimbangan berat jenis minyak, dan dapat menemukan sendiri, dan tidak dapat bergerak ke reservoir permukaan karena tidak ada jebakan minyak konvensional.

## 2.2 Prinsip Gravitasi

### 2.2.1 Teori Gravitasi Newton

Setiap orang akrab dengan istilah gaya tarik menarik, pria yang menemukan bahwa setiap massa menarik satu sama lain adalah Sir Isaac Newton. Pada 1687 ia merumuskan penemuannya ke dalam persamaan disebut Hukum Gravitasi Newton. Menurut Reynold (1997) Hukum gravitasi Newton menyatakan bahwa terdapat gaya tarik  $F$  antara dua partikel bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  yang dipisahkan oleh jarak  $r$  yang ditunjukkan oleh persamaan (Alsaadi dan Baban, 2014):

$$F = G \frac{m_2 m_1}{r^2} \quad (2.1)$$

dimana  $G$  adalah konstanta gravitasi universal. Besaran  $G$  saat ini ditentukan pada 1942, yaitu  $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$  dalam satuan SI.

Jika digunakan asumsi bahwa bumi memiliki bentuk bulat, maka gaya yang diberikan oleh bumi dengan suatu benda dengan massa  $m$  di atas permukaan bumi adalah sebesar:

$$F = G \frac{mM}{R^2} \quad (2.2)$$

dengan  $M$  adalah massa bumi dan  $R$  adalah jari-jari bumi. Hal ini juga mengasumsikan bahwa gaya bervariasi hanya terhadap jarak dari pusat bumi (jika bumi bulat simetris) dan  $R$  jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran objek. Gaya juga diberikan oleh hukum gerak kedua Newton (Rahman dkk, 2014):

$$F = ma \quad (2.3)$$

dengan  $a$  adalah percepatan. Jika percepatan gravitasi didefinisikan sebagai  $g$ , dan jika percepatan hanya disebabkan oleh gaya tarik gravitasi bumi maka dapat ditulis (Rahman dkk, 2014).

$$F = mg = G \frac{mM}{R^2} \quad (2.4)$$

dan

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad (2.5)$$

### 2.2.2 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 (Valenta, 2015).

Pengukuran dalam metode gravitasi 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. Menurut Telford dkk (1990) faktor yang dapat mempengaruhi nilai medan gravitasi adalah perbedaan posisi lintang, topografi, tidal bumi, variasi rapat massa batuan di bawah permukaan bumi, dan perbedaan ketinggian titik ukur atau (Bahri dkk, 2015).

### 2.2.3 Distribusi Massa

Keberadaan sebuah massa pada suatu ruang akan memunculkan suatu medan potensial skalar di sekitarnya berupa medan gravitasi. Nilai medan



gravitasi bergantung pada posisi awal dan posisi akhir dan tidak bergantung pada lintasan yang ditempuhnya (Alsadi dan Baban, 2014 ). Persamaan fungsi potensial skalar oleh massa  $dm$  pada titik  $(x,y,z)$  sepanjang jarak antara  $P(0,0,0)$  dan  $r$  dapat dinyatakan oleh persamaan (Telford dkk, 1990):

$$dU(P) = G \frac{dm}{r} = G \frac{\rho}{r} dx dy dz \quad (2.6)$$

#### 2.2.4 Rapat Massa

Menurut Kadir (1999) Rapat massa ( $\rho$ ) 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  $\rho_i$  dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\rho = \sum_i^n \frac{v_i}{V} \rho_i \quad (2.7)$$

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

$$\rho = \frac{v_m}{V} \rho_m + \frac{v_f}{V} \rho_f + \frac{v_g}{V} \rho_g \quad (2.8)$$

Dimana  $\rho_m$ ,  $\rho_f$ ,  $\rho_g$  masing-masing adalah rapat massa material matriks, rapat massa fluida dan rapat massa gas. Persamaan di atas 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):

Tabel 2.1 Densitas Batuan (GPG, 2017)

Rock Type	Density Range (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Sedimentary Rocks</b>	
Clay	1,63 – 2,60
Silt	1,80 – 2,20
Soil	1,20 – 2,40
Sand	1,70 – 2,30
Sandstone	1,61 – 2,76
Shale	1,77 – 3,30
Limestone	1,93 – 2,90
Dolomite	2,28 – 2,90
Chalk	1,52 – 2,60
Halite	2,10 – 2,60
Gypsum	2,20 – 2,60
Marl	2,20 – 2,70
Breccia	1,50 – 3,00
<b>Igneous Rocks</b>	
Rhyolite	2,35 – 2,70
Granite	2,50 – 2,81
Andesite	2,40 – 2,80
Basalt	2,70 – 3,30
Gabbro	2,70 – 3,50

### 2.2.5 Gravitasi Normal

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. Pada tahun 1967 Geodetic Reference System merumuskan IGF 1967 adalah (Blakely, 1995) :

$$g = 978031,846(1 + 0,0053024 \sin^2 \lambda - 0,0000058 \sin^2 2 \lambda) \quad (2.9)$$

Dimana  $\lambda$  adalah sudut lintang. Gravitasi memiliki satuan  $\text{m/det}^{-2}$  (dalam SI), dimana  $1 \text{ Gal} = 1\text{cm/det}^2 = 10^{-2} \text{ m/det}^2$  (Blakely, 1995).

## 2.3 Koreksi Awal

### 2.3.1 Konversi Skala Pembacaan

Pengukuran dengan alat gravitimeter didapatkan nilai yang tidak terdefinisi. Untuk mengubah nilai yang tidak terdefinisi kedalam miligal perlu adanya instrumen untuk mengubah nilai itu kedalam defisi miligal (Alsadi dan Baban, 2014).

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

$$\text{mGal} = [ \{ (\text{Bacaan-counter}) \times \text{Faktor Interval} \} + \text{mGal} ] \times \text{CCF} \quad (2.10)$$

Dimana nilai CCF (Calibration Correction Factor) alat gravitimeter. Konversi pembacaan dilakukan untuk seluruh data disetiap titik ukur.

### 2.3.2 Koreksi Tidal

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 (Scott, 2004) :

$$Tdc = \frac{3\gamma r}{2} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2M}{3d^2} (\sin^2 p - 1) + \frac{Mr}{d^4} (5 \cos^3 p - 1 \cos p) \\ + \frac{2s}{3D^3} (3 \cos^2 q - 1) \end{array} \right\} \quad (2.11)$$

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

$\gamma$  : Konstanta Gravitasi Newton

r : Jarak pengukuran dari pusat bumi

### 2.3.3 Koreksi *Drift*

Perubahan pembacaan gravimeter (*drift*) dengan waktu akibat kelelahan pegas akan menghasilkan suatu perubahan pada bacaan medan gravitasi (Reynold, 1997). Koreksi ini mereduksi perbedaan hasil pembacaan nilai medan gravitasi pada titik pengukuran yang sama di waktu yang berbeda (Hardiansyah, 2016).

Koreksi ini dilakukan dengan cara membuat lintasan tertutup dalam titik-titik pengukuran yaitu dengan cara melakukan pengukuran ulang pada stasiun awal (titik ikat pada tiap *loop*). Menurut Sunaryo (1997) Besarnya koreksi *drift* adalah:

$$D_n = \left\{ \frac{(g_b - g_a)}{(t_b - t_a)} (t_n - t_a) \right\} \quad (2.12)$$

Dimana:

$D_n$  : Koreksi drift pada waktu pembacaan titik ikat

$g_a$  : Pembacaan gravimeter di titik awal

$g_b$  : Pembacaan gravimeter di titik akhir

$t_a$  : Waktu pembacaan di titik awal

$t_b$  : Waktu pembacaan di titik akhir

$t_n$  : Waktu pembacaan di titik pengamatan

### 2.3.4 Koreksi Gravitasi Normal

Percepatan gravitasi bumi lebih besar di kutub dibandingkan di katulistiwa disebabkan perbedaan jari-jari bumi di lintang yang berbeda, akumulasi massa (fluida) di katulistiwa, dan gaya sentrifugal akibat rotasi bumi yang maksimum pada katulistiwa dan minimum di wilayah kutub (Lichoro, 2016).

Pada perkembangannya referensi ellipsoid digunakan sebagai bagian dari *Geodetic Reference System GRS80* yang disatukan pada *World Geodetic System WGS84* dan memenuhi parameter berikut (Jacoby dkk, 2007), Radius ekuator  $a = 6.378.137$  m, Kedataran  $f = (a - c)/a = 1/298.257\ 222$ , dimana  $c =$  radius polar (terhitung dari  $a$  dan  $f$ ), Konstanta gravitasi x mass  $Gm = 3986005108$  m<sup>3</sup> s<sup>-2</sup>, Frekuensi angular  $\omega = 7292115 \times 10^{-11}$  s<sup>-1</sup>. Diketahui volume referensi *ellipsoid* adalah 1.0831012 km<sup>3</sup>, massa dengan  $G = 6.6742 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>,  $M = 5.9721024$  kg, yang berarti bahwa densitas bernilai  $\rho \approx 5513.5$  kg/m<sup>3</sup>.

Persamaan umum untuk gravitasi normal  $g_n$  adalah (Jacoby dkk, 2007):

$$g_n = g_{eq} (1 + 0.0053024 \sin^2 \theta - 0.0000058 \sin^2 2\theta) \quad (2.13)$$

dengan  $g_{eq} = 9.7803267714$  m/s<sup>2</sup> dan  $\theta$  adalah sudut lintang.

### 2.3.5 Koreksi Udara Bebas

Kenyataan bahwa gravitasi bumi secara keseluruhan dapat dianggap sama seandainya massa terkonsentrasi di pusatnya mendasari adanya koreksi udara bebas. Pada koreksi lintang benda diasumsikan terletak pada permukaan sferoida acuan, akan tetapi pada pelaksanaannya titik pengukuran gravitasi berada di atas bidang sferoida (didekati oleh *mean sea level*), sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap hasil bacaan alat yang disebabkan ketinggian sebesar  $h$  (Lichoro, 2016).

Koreksi udara bebas dilakukan untuk mereduksi pengaruh efek ketinggian dari titik pengukuran dengan menarik titik pengukuran ke titik datum geoid. Besar nilai koreksi udara bebas dapat diturunkan melalui persamaan (Burger, 1992):

$$g = G \frac{M}{r^2} \quad (2.14)$$

$$dg(r) = -2G \frac{M}{r^2} dr = -2 \frac{g}{r} dr \quad (2.15)$$

dimana  $g$  adalah percepatan gravitasi dan  $r$  radius bumi dari titik pusatnya. Apabila ketinggian topografi dari permukaan laut  $h$  dinyatakan oleh  $dr$  maka:

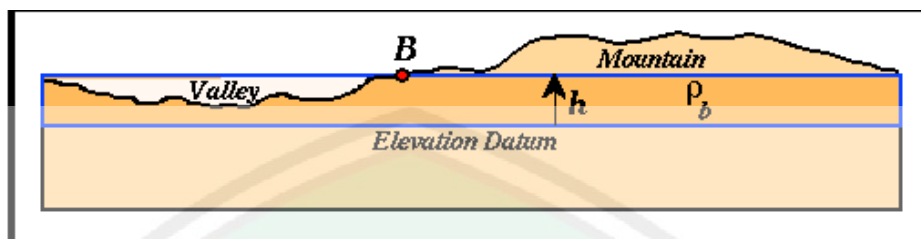
$$\frac{dg}{dr} = \frac{dg}{h} = -2 \frac{g}{r} = -2 \frac{g}{r} = -0.3086h \quad (2.16)$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa koreksi udara bebas bernilai negatif ketika ketinggian titik pengukuran berada di atas bidang datum (level permukaan laut) dan sebaliknya.

### 2.3.6 Koreksi Bouguer

Koreksi bourguer dilakukan untuk mereduksi efek massa di antara titik pengukuran medan gravitasi di lapangan dan bidang datum dengan densitas  $p$

setebal  $h$  meter. Massa tersebut diasumsikan berupa lempeng silinder dengan jari-jari tak terhingga (Valenta, 2015).



Gambar 2.1 Pendekatan Bouguer Untuk Massa Di Atas Permukaan Laut  
([www.ukm.my/rahim/Gravity%method.htm](http://www.ukm.my/rahim/Gravity%method.htm))

Menurut Telford,dkk (1990) Harga koreksi Bouguer berlawanan dengan koreksi udara bebas, berharga negatif jika titik pengukuran di atas bidang datum dan positif jika titik pengukuran di bawah bidang datum. Jadi koreksi Bouguer tergantung pada ketinggian titik amat dari bidang datum dan rapat massa batuan antara titik amat dan bidang datum. Besarnya koreksi Bouguer adalah (Lichoro, 2016):

$$B_c = 0.04193\rho h \text{ mgl/m} \quad (2.17)$$

Dimana:

$\rho$  : Rapat massa Bouguer

$h$  : Ketinggian titik pengukuran dari bidang sferoid

### 2.3.7 Koreksi Medan

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 (Asadi dan Baban, 2014).

Koreksi medan menambahkan sebuah kuantitas kecil pada gravitasi observasi untuk mereduksi pengaruh massa dari adanya bukit maupun bentuk topografi lain. Menurut Reynold (1997) besar nilai koreksi medan didapatkan dengan rumusan:

$$TC = 2\pi G\rho \left[ r_2 - r_1 + \sqrt{(r_1^2 + z^2)} - \sqrt{(r_2^2 + z^2)} \right] \quad (2.18)$$

Dimana:

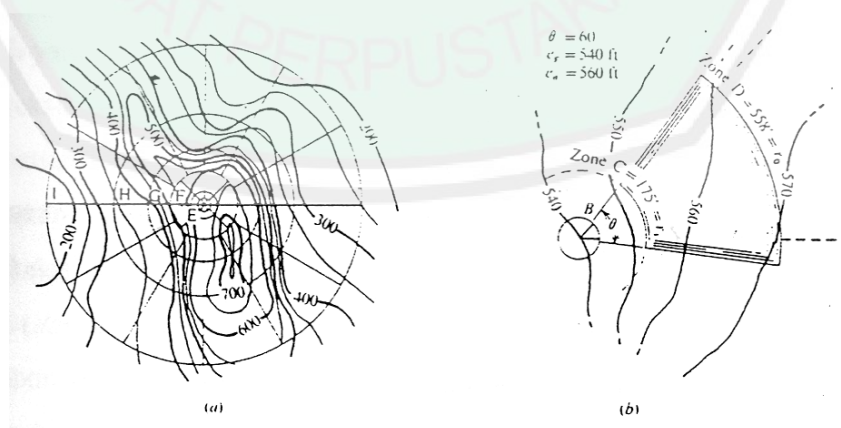
$r_1$  : Radius bagian dalam suatu zona

$r_2$  : Radius bagian luar dalam suatu zona

$z$  : Beda ketinggian dari titik pengamatan

$G$  : Konstanta Gravitasi

Dalam pelaksanaan perhitungan koreksi ini, maka digunakan hammer chart yang transparan seperti pada gambar 2.2. Hammer chart membagi daerah titik pengamatan atas zona-zona dan kompartemen yang merupakan bagian dari silinder konsentris (Dobrin, 1960).



Gambar 2.2 Model *Hammer Chart* Untuk Koreksi Medan (Telford. 1990)



### 2.3.8 Anomali Bouguer

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 (Valenta, 2015) :

$$BA = g_{obs} - g_{\phi} + FAC + BC + TC \quad (2.19)$$

Dimana:

$g_{obs}$  : Harga gaya gravitasi pengukuran di titik tersebut

FAC : *Free Air Correction* (koreksi udara bebas)

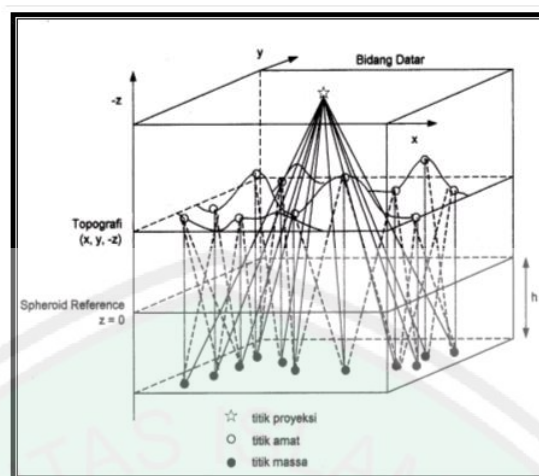
BC : *Bouguer Correction* (koreksi Bouguer)

TC : *Terrain Correction* (koreksi medan)

$g_{\phi}$  : Nilai anomali yang diperoleh pada ketinggian titik amat

### 2.4 Reduksi Bidang datar

Data anomali Bouguer lengkap masih berada pada topografi dengan ketinggian bervariasi. Variasi ketinggian tersebut dapat mengakibatkan distorsi pada data medan gravitasi. Untuk meminimalisasi distorsi yang terjadi maka anomali Bouguer lengkap dibawa ke sebuah bidang datar pada ketinggian tertentu menggunakan metode sumber ekuivalen titik massa (Dampney, 1969). 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 seperti gambar 2.3 (Ariyanto dkk, 2014).



Gambar 2.3 Sumber Ekuivalen Titik Massa (Ariyanto dkk, 2014)

Persamaan dasar yang digunakan dalam proses ini adalah sesuai dengan perumusan yang dilakukan oleh Dampney (1969) dalam Rahman dkk (2014):

$$\Delta g(x, y, z) = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sigma(\alpha, \beta, h)(h-z) d\alpha d\beta}{((x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-h)^2)^{3/2}} \quad (2.20)$$

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

## 2.5 Kontinuitasi ke Atas (*Upward Continuation*)

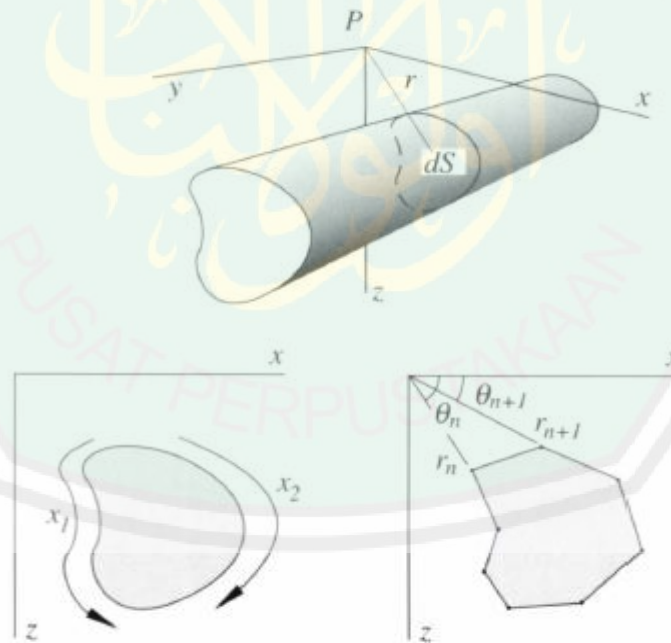
Kontinuitasi ke atas adalah langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas (Blakely, 1995). Kontinuitasi ke atas juga merupakan salah satu metode yang digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan bising yang ditimbulkan oleh benda-benda dekat permukaan (Alsadi dan Baban, 2014).

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{((x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2)} dx' dy' \quad (2.21)$$

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

## 2.6 Model Densitas

Struktur geologi sering lebih memanjang dari pada meluas. seperti zona rekahan, patahan, dan lipatan, oleh karena itu model dua dimensi dengan menggunakan polygon sederhana lebih berguna dan lebih mudah untuk dapat memperkirakan situasi geologi. Metode ini di perkenalkan oleh Hubert dan diadaptasi dalam algoritma computer oleh Talwani, Worzel, dan Landisman (Blakely, 1995).



Gambar 2.4. Model Dua Dimensi Dengan Menggunakan Polygon Sederhana

$$g = 2\gamma p \sum_{n=1}^N \frac{\beta_n}{1+\alpha_n^2} \left[ \log \frac{r_{n+1}}{r_n} - \alpha_n(\theta_{n+1} - \theta_n) \right] \quad (2.22)$$

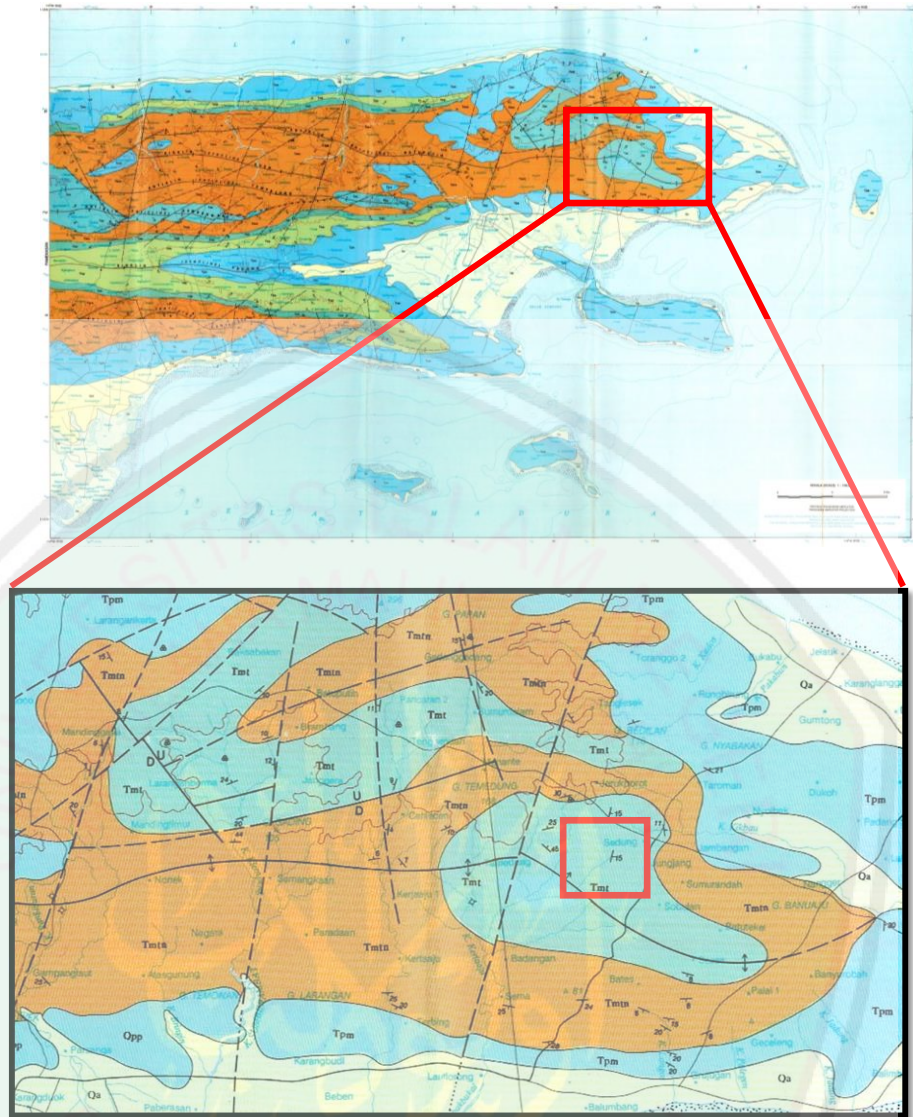
## 2.7 Geologi Daerah Penelitian

### 2.7.1 Geografis Wilayah

Daerah semburan gas ini terletak pada kebun warga yang semula akan dibuat sumur bor, namun saat bor baru masuk sekitar 60 meter gas keluar dari sumur hingga membuat api. Lokasi semburan gas ini berada didusun Jendir desa Batang-batang Laok, Kecamatan Batang-batang, Sumenep, Madura, Jawa timur, sekitar  $\pm$  20 Km dari Kota Sumenep.

Berdasarkan bentang alamnya daerah Madura dikelompokkan menjadi tiga satuan morfologi, yakni: dataran rendah, perbukitan dan kras. Morfologi bergelombang dengan ketinggian 0-200 m dpl menempati bagian utara, tengah dan selatan memanjang dengan arah barat-timur, umumnya dibentuk oleh batuan sedimen yang terdiri dari batu lempung Formasi Tawun, batu pasir anggota Formasi Ngrayong dan batu gamping. Pola aliran sungai pada umumnya mendaun dan sebagian kecil sejajar, searah dengan arah jurus lapisan, sebagian memotong arah jurus lapisan, lembahnya termasuk menjelang dewasa (Situmorang, dkk, 1992).

Adapun manifestasi sumberdaya mineral dan energy di sekitar daerah ini yaitu: minyak bumi, rembesan minyak pada bekas pemboran dengan data permukaan berupa batuan sumber adalah Formasi Tawun dan batupasir kuarsa (Formasi Ngrayong) diduga merupakan batuan reservoirnya yang baik dengan jenis perangkap struktur antiklin; batugamping dalam jumlah besar (Formasi Madura) dan batulempung dari Formasi Ngrayong (Situmorang, dkk, 1992).



Gambar 2.5. Lembar Geologi Daerah Penelitian

Keterangan :

**Tmt** = Batu lempung, napal, batu gamping lempungan dengan sisipan batu gamping orbitoid.

**Tmtn** = Perselingan batu pasir kuarsa dengan batu gamping arbitoid dan batu lempung.

**Qa** = Pasir Kuarsa, Lempung, Kerikil dan Kerakal

### 2.7.2 Morfologi

Menurut Bemmelen (1949) Daerah Waru-Sumenep termasuk Lajur Rembang. Lajur ini merupakan punggung yang terlipat dan membentuk anticlinorium yang memanjang pada arah barat-timur, mulai dari Purwodadi (Jawa Tengah) menerus ke daerah Tuban-Surabaya (Jawa Timur) dan berakhir di daerah yang dipetakan (Gambar 2.5). Daerah ini pada umumnya termasuk perbukitan landai hingga pegunungan berlereng terjal. Mempunyai julang (ketinggian) dari 0 hingga 440 m di atas muka laut.

Berdasarkan bentang alamnya daerah Madura dikelompokkan menjadi tiga satuan morfologi, yakni: dataran rendah, perbukitan dan kras. Morfologi bergelombang dengan ketinggian 0-200 m dpl menempati bagian utara, tengah dan selatan memanjang dengan arah barat-timur, umumnya dibentuk oleh batuan sedimen yang terdiri dari batu lempung, batu pasir dan batu gamping. Pola aliran sungai pada umumnya mendaun dan sebagian kecil sejajar, searah dengan arah jurus lapisan, sebagian memotong arah jurus lapisan, lembahnya termasuk menjelang dewasa (Situmorang, dkk, 1992).

### 2.7.3 Stratigrafi

Lembar Waru-Sumenep, terdiri dari batuan sedimen Tersier dan Kuartar yang termasuk ke dalam Lajur Rembang. Penyebaran satuan batuan umumnya berarah barat-timur dan berfasies lempungan, pasiran dan gampingan.

Batuan tertua di daerah ini adalah Formasi Tawun (Tmt), terdiri dari batulempung, napal dan batugamping orbitoid, berumur Miosen Awal-Miosen Tengah. Formasi Ngrayong (Tmtn) menindih selaras Formasi Tawun dan terdiri dari batupasir kuarsa berselingan dengan batugamping orbitoid dan

batulempung, berumur Miosen Tengah. Formasi Ngrayong bertindih selaras oleh Formasi Bulu (Tmb) yang terdiri dari batugamping pelat dengan sisipan napal pasiran, berumur Miosen Tengah bagian atas. Formasi Pasean (Tmp) yang menindih selaras Formasi Bulu terdiri dari perselingan napal pasiran dan batugamping lempungan, berumur Miosen Akhir. Formasi Pasean tertindih tak selaras dan setempat selaras oleh Formasi Madura (Tmp) yang terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping dolomitan, berumur Pliosen. Formasi Madura bertindih tak selaras oleh Formasi Pamekasan (Qpp) yang terdiri dari kolongmerat, batupasir dan lempung, berumur Plistosen. Endapan paling muda adalah alluvium berumur Holosen.

Alluvium terdiri dari pasir kuarsa, lempung, lumpur, kerikil-kerikil; berupa endapan sungai, pantai dan rawa. Alluvium ini terkampar luas di daerah pesisir, seperti di daerah Pamekasan, Sumenep, Gapura dan Dungke. Di pantai utara P. Madura, alluvium berupa ongkongan-ongkongan pasir kuarsa hasil pengendapan oleh ombak dan angin dengan ketebalan 5 sampai 15 m. umur satuan ini adalah Holosen.

Formasi Madura terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping dolomitan. Formasi diendapkan dalam lingkungan laut dangkal, terbuka, tenang dan hangat. Tebalnya diperkirakan lebih kurang 250 m. Sebaran Formasi Madura berarah memanjang barat-timur, terdapat di bagian utara, tengah dan selatan P. Madura dan di pulau-pulau sekitarnya. Penyebarannya membentuk perbukitan bergelombang dan perbukitan kras berlereng terjal.

Formasi Ngrayong terdiri dari perselingan batupasir kuarsa dengan batugamping orbitoid dan batulempung. Formasi Ngrayong mengandung

foraminifera, moluska, koral, duri echinoid dan ostrakoda. Lingkungan pengendapannya adalah laut dangkal (Litoral). Formasi Ngrayong tersebar luas di bagian tengah dan selatan Lembar, memanjang dengan arah barat-timur. Ketebalan formasi Ngrayong lebih kurang 600 m.

Formasi Tawun terdiri dari batulempung, napal, batugamping lempungan dengan sisipan batugamping orbitoid. Lingkungan pengendapan formasi ini berada di lingkungan laut agak dangkal (zona sublittoral bagian dalam) dan tebal formasi ini lebih kurang 300 m. Sebara Formasi Tawun terdapat di bagian tengah Lembar, memanjang dengan arah barat-timur, meliputi daerah Sumberwaru, Mandala, Batuputih dan Bandungan (Batang-batang) membentuk topografi perbukitan bergelombang (Situmorang, dkk, 1992).



Tabel 2.2 Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian (Sitomorang, dkk.1992).

UMUR		FORMASI	LITOLOGI	PERIAN LITOLOGI	FOSIL
KALA					
H O L O S E N				Pasir kuarsa lempung, kerikil, kerakal dan batugamping koral	
P L I S T O S E N		P A M E K A S A N	50	Konglomerat, batupasir, batulempung dan batugamping	
P L I O S E N		M A D U R A	+2.50	Batugamping terumbu, dolomitan terdiri dari batugamping kapuran, batugamping pasiran, batugamping hablur dan batugamping oolit, setempat berlipis.	<i>Opserculina</i> sp <i>Amphistegina</i> sp <i>Elihidium</i> sp <i>Pseudostella</i> sp <i>Ammonia</i> sp
M I O S E N	A K H I R	P A S E A N	+6.00	Perselingan napal pasiran dengan batugamping lempungan, batugamping pasiran dan batugamping oolit, bertapis baik, mengandung banyak foraminifera	<i>Lepidocyclus</i> <i>rutteni</i> <i>Lepidocyclus</i> sp <i>Cycloclypus</i> sp <i>Opserculina</i> sp <i>Globigerina</i> <i>acostaensis</i>
			B U L U	+200	Batugamping pasiran dengan sisipan napal, putih-coklat, struktur pelat-pelat dan silang-siur berkembang baik, mengandung foraminifera besar dan foram kecil, moluska
	T E N G A H	N G R A Y O N G	+600	Batupasir kuarsa, umumnya lepas, putih, putih kecoklatan, berselingan dengan batugamping orbitoid dan batulempung, setempat menyerpih, selingan batu lempung, selingan batugamping orbitoid semakin rapat dan tebal kebagian atas. Tebal lapisan 8 - 20 m pada bagian atas di dalam lempung dan pasir kuarsa di jumpai gipsium dan konkresi besi	<i>Lepidocyclus</i> <i>rutteni</i> <i>Cycloclypus</i> <i>annulatus</i> <i>Cycloclypus</i> sp <i>Myogysina</i> sp <i>Amphistegina</i> sp <i>Cibulina</i> <i>unversa</i> <i>Globigerinoides</i> <i>immaturus</i> <i>Globigerina</i> <i>tilobus</i> <i>Ammonia</i> sp
A W A L			T A W U N	+300	Batulempung, napal, batugamping napalan dan sisipan batugamping orbitoid

#### 2.7.4 Struktur

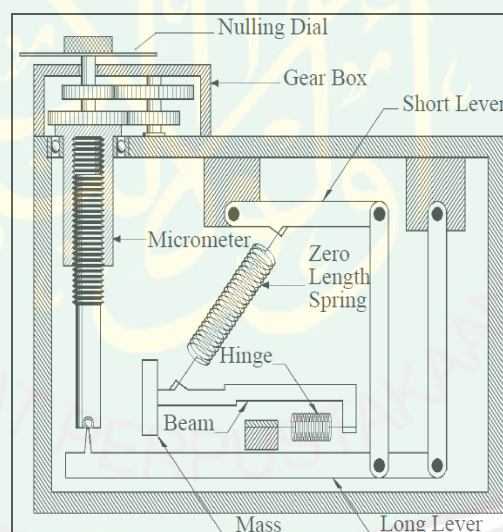
Daerah Lembar Waru-Sumenep merupakan bagian dari anticlinorium Rembang paling timur (Bemmelen, 1949). Struktur penting daerah ini adalah lipatan dan sesar. Struktur antiklin dan sinklin berarah barat-timur, jurus sesar umumnya berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara dan hanya beberapa yang berarah barat-timur.

Struktur lipatan diantaranya: Antiklin Sumber Waru yang berada di bagian tengah Lembar dengan sumbunya berarah barat-timur sepanjang lebih kurang 34 km, sudut kemiringan lapisan tidak beraturan tetapi secara umum sudut kemiringan sayap utara ( $20^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ ) nisbi lebih kecil dibandingkan sayap selatan ( $47^{\circ}$  -  $58^{\circ}$ ), lipatan ini dapat digolongkan ke dalam lipatan tertutup tidak setangkup (asimetris); Antiklin Tempajung ditemukan di utara Antiklin

Sumberwaru yang sumbunya berarah barat-timur dengan panjang lebih kurang 22 km, sudut kemiringan lapisan batuan sayap utara dan sayap selatan hampir sama ( $10^{\circ}$  - $20^{\circ}$ ), lipatan ini dapat digolongkan ke dalam lipatan lemah setangkup (Sitomorang, dkk, 1992)..

## 2.8 Gravimeter LaCoste & Romberg

Alat ukur gravitasi merupakan alat yang memanfaatkan prinsip gravitasi newton tentang gaya tarik antar dua benda yang terpisahkan oleh suatu jarak. Alat ini terdiri atas rangkaian pegas dan massa yang didesain sedemikian rupa sehingga sangat sensitif terhadap perubahan nilai gravitasi yang sangat kecil (Freie Universitat Berlin, 2003).



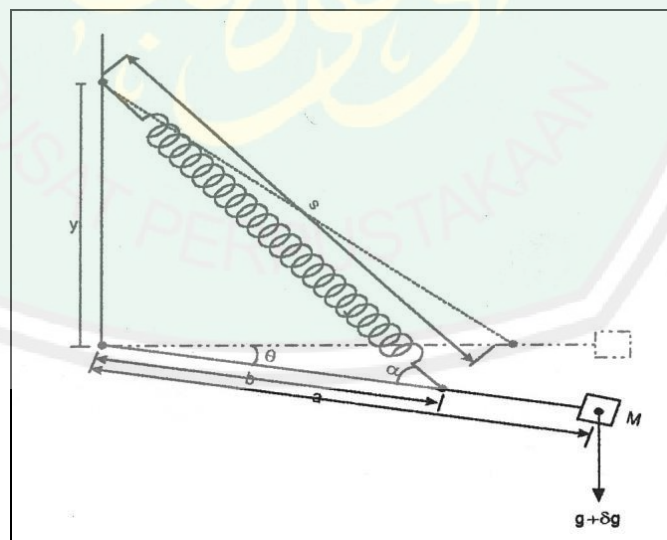
Gambar 2.6 Desain Gravimeter LaCoste & Romberg (Freie Universitat Berlin, 2003)

Keterangan:

Micrometer : Mengatur posisi massa agar kembali ke posisi awalnya setelah terpengaruh oleh variasi medan gravitasi. Pengaturan micrometer dilakukan melalui nulling dial yang terhubung dengan *gear box*

- Short dan short lever* : Tuas penghubung micrometer dengan *zero length spring*
- Zero length spring* : Pegas penahan beban (*mass*). pegas ini berada pada keadaan gaya pegas berbanding secara langsung dengan jarak antar titik gaya bekerja dengan titik ikat pegas
- Mass dan beam* : Bertindak sebagai beban yang akan berubah posisinya ketika terpengaruh oleh adanya variasi medan gravitasi
- Hinge : Pegas peredam guncangan dari *mass* dan *beam*

Tanggapan sistem gravimeter ini adalah perubahan dari posisi *mass* dan *beam* ketika terdapat variasi medan gravitasi pada suatu titik ukur. Perubahan posisi ini kemudian dinormalkan dengan mengembalikan *mass* dan *beam* ke posisi semula dengan memutar nulling dial yang menggerakkan micrometer, *short* dan *long lever*, kemudian *zero length spring*. Nilai gaya gravitasi didapat dari besar gaya yang diperlukan untuk menormalkan posisi *mass* dan *beam*. Sedangkan nilai medan gravitasi diperoleh dari kesebandingannya dengan perubahan panjang dari *zero length spring* (Suyanto, 2013).



Gambar 2.7 Gerakan Zero-Length Springs Dalam Gravimeter (Suyanto, 2013)

LaCoste & Romberg merancang susunan pegas dan beban  $M$  (gambar 2.4) untuk memperoleh suatu instrumen dengan periode tak berhingga secara teoritis. Dari gambar 2.7 momen torka dari beban  $M$  adalah (Suyanto, 2013):

$$Tg = Mga \cos \theta = k(s - c)b \sin \alpha \quad (2.23)$$

$$Mga \cos \theta = \frac{k(s-c)by \cos \theta}{s} \quad (2.24)$$

$$g = \left(\frac{k}{M}\right) \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{1-c}{s}\right) y \quad (2.25)$$

Pada saat  $g$  meningkat sebesar  $\delta g$  maka panjang  $s$  pegas akan berubah sebesar  $\delta s$

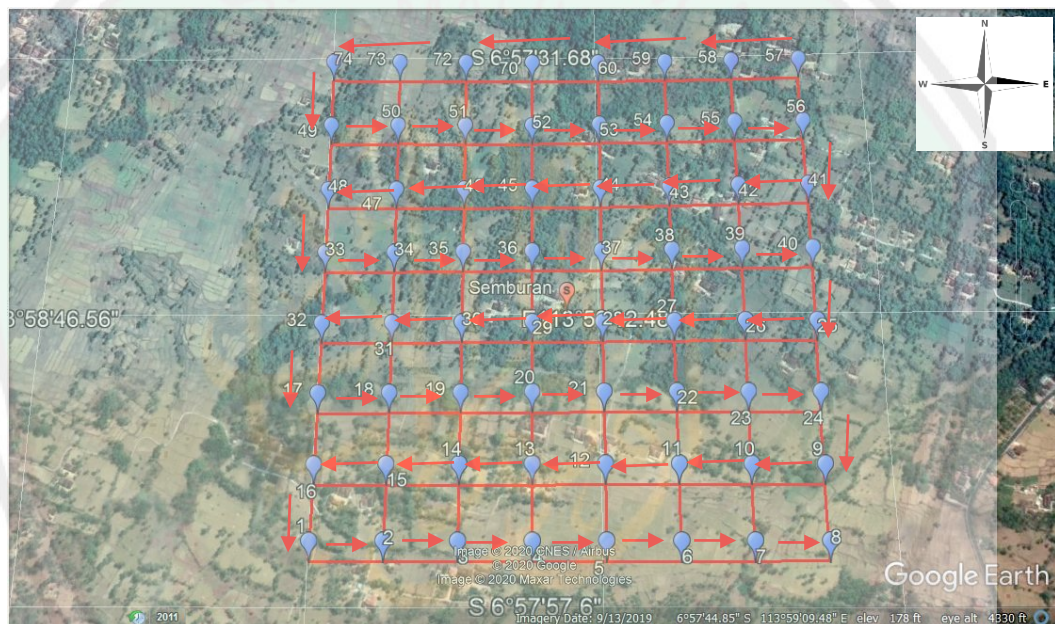
$$\delta g = \left(\frac{k}{m}\right) \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{c}{s}\right) \left(\frac{y}{s}\right) \delta s \quad (2.26)$$

Persamaan (2.26) menunjukkan bahwa instrumen tidak bergantung pada besar penyimpangan sudut  $\theta$  dan  $\alpha$ . Sehingga pada saat terjadi penyimpangan kecil pada sudut  $\theta$  dan  $\alpha$  dari titik setimbangnya maka pada sistem ini gaya tidak kembali dan dapat diatur mempunyai periode tak hingga secara teoritis (Suyanto, 2013).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Tanggal 7-8 maret 2020. Tempat penelitian terletak di sekitar semburan gas (Studi Kasus Desa Batang-Batang Laok Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep). Pengolahan data bertempat di laboratorium geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

### 3.2 Data Penelitian

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Koordinat Lintang dan Bujur
2. Waktu pengambilan data (hari, jam, dan tanggal)
3. Ketinggian titik ukur
4. Pembacaan gravimeter

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

### 3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Gravimeter LaCoste & Romberg tipe G-1053
2. Peralatan pendukung: Gps Garmin, peta geologi, alat tulis, penggaris, perangkat komputer untuk pengolahan data, dan *Software (Magpick, Surfer, Matlab 2008, MS Excel, Geosoft Oasis Montaj)*.

### 3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini meliputi tahap akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi. Analisis dilakukan terhadap anomali medan gravitasi, struktur bawah permukaan serta densitas hasil dari pemodelan ke depan yang dikontrol oleh data geologi.

#### 3.4.1 Akuisisi Data

Pengukuran gravitasi dilakukan secara *closed loop*, yaitu suatu proses pengambilan data dimana data pertama dan terakhir berada pada satu titik yang sama, sehingga koreksi titik ikat dapat dilakukan terhadap titik pengukuran. Proses ini dilakukan karena nilai gravitasi yang diperoleh oleh alat bukan merupakan nilai absolut.

Pengukuran nilai gravitasi di lapangan dilakukan dengan metode grid. desain survei dibuat dengan menggunakan bantuan *google earth looping* dengan luasan area 700m x 700m.

Sebelum pengambilan data dilakukan survei lapangan guna mengetahui medan area penelitian, hal ini diperlukan untuk dapat melakukan marking koordinat pada target penelitian. Dengan memanfaatkan peta topografi yang didapatkan dari *Google Earth* dapat ditentukan lintasan pengukuran serta perkiraan sebaran titik-titik yang dibutuhkan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan lintasan dan titik *base station* 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 gravitasi 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 mutlaknyanya.

### 3.4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data terdiri dari dua tahap yaitu tahap awal dan tahap lanjutan. Tahap pengolahan awal pada data gravitasi sering disebut sebagai reduksi data gravitasi. Reduksi data meliputi konversi bacaan alat ke miliGal, koreksi tidal, koreksi apungan, koreksi gravitasi normal, koreksi udara bebas, koreksi Bouguer, dan koreksi medan. Reduksi data gravitasi dilakukan untuk memperoleh nilai anomali Bouguer lengkap di setiap titik ukur. Dalam pelaksanaannya, reduksi data gravitasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Tahap pengolahan lanjutan berupa reduksi ke bidang datar, pemisahan anomali regional dan anomali lokal, dan pemoelan geologi struktur bawah permukaan.

#### 1. Konversi harga bacaan gravimeter

Untuk memperoleh nilai anomali Bouguer lengkap dari setiap titik ukur, maka dilakukan konversi pembacaan graviti meter menjadi nilai gravitasi dalam satuan milligal berdasarkan persamaan (2.10). Untuk melakukan konversi memerlukan tabel konversi dari graviti meter yang sudah ada pada setiap alat.

Berikut adalah cara dalam melakukan konversi pembacaan alat:

- a. Misal hasil pembacaan graviti meter G- 1053 adalah 1745,567 maka diambil nilai bulat yaitu 1700. Dalam tabel konversi (Tabel 3.1) nilai 1700 sama dengan 1723,91 mGal. Dengan faktor interval 1,01413 dan nilai CCF pada alat G- 1053 sebesar 1,00043726.
- b. Masukkan pada persamaan sehingga didapat:  $[(1745,567-1700) \times 1,01413 + 1723,91] \times 1,00043726 = 1770,8948$



Tabel 3.1 Konversi Harga Pembacaan (Sunaryo, 1997).

<i>Counter Reading</i>	<i>Value In Miligal</i>	<i>Factor For Interval</i>
1500	1521,10	1,01404
1600	1622,50	1,01409
1700	1723,91	1,01413

## 2. Koreksi Pasang Surut

Untuk mendapatkan besar nilai medan efek pasang surut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *GRAVTC* dengan *input* berupa data bujur, lintang, ketinggian, dan waktu pengambilan data (jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun).

## 3. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Akuisisi data dilakukan dengan metode *loop*, 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 (2.12).

## 4. Medan Gravitasi Terkoreksi (Koreksi Awal)

Medan gravitasi terkoreksi merupakan nilai gravitasi hasil pengukuran di lapangan setelah terkonversi ke miligal serta telah terkoreksi dari pengaruh pasang surut dan apungan, yaitu dengan menambahkan koreksi tidal dan koreksi apungan pada nilai pengukuran yang telah dikonversi ke milligal.

$$g_{\text{terkoreksi}} = \text{bacaan alat terkonversi ke mGal} + \text{koreksi pasang surut} \pm \text{koreksi apungan} \quad (3.1)$$

### 5. *Different In Reading* ( $\Delta g$ )

*Different in Reading* yaitu menghitung perbedaan harga gravitasi terkoreksi di setiap titik ukur ( $g_{\text{terkoreksi}}$ ) dengan harga gravitasi di *base station* ( $g_{\text{Base Station}}$ ).

$$g_{\text{diff}} = \Delta g = g_{\text{terkoreksi}} - g_{\text{Base Station}} \quad (3.2)$$

### 6. Medan Gravitasi Observasi

Pengukuran medan gravitasi menggunakan gravimeter adalah relatif terhadap  $g$  absolut, sehingga dalam pengukuran diperoleh beda nilai antara gravitasi observasi ( $g_{\text{obs}}$ ) adalah:

$$g_{\text{obs}} = g_{\text{absolut}} + g_{\text{diff}} \quad (3.3)$$

$g_{\text{absolut}}$  pada penelitian ini adalah 978087,3256 mGal.

### 7. Medan Gravitasi Normal ( $g_N$ )

Medan gravitasi normal merupakan medan gravitasi yang terukur dan dihitung pada bidang sferoida acuan (datum), nilai medan gravitasi normal juga berbeda pada setiap lintangnya disebabkan bentuk bumi yang berbentuk bulat pepat dimana jari-jari bumi pada katulistiwa lebih besar dari pada di kutub. Medan gravitasi normal dapat dirumuskan melalui persamaan yang dirumuskan oleh *World Geodetic System 1967* seperti tertera pada persamaan (2.11).

### 8. Koreksi Udara Bebas

Koreksi udara bebas dilakukan untuk mereduksi efek ketinggian dari titik ukur. Medan gravitasi secara teoritis akan berkurang ketika titik ukur berada di atas level sferoida acuan (level permukaan laut) dan sebaliknya. Besar koreksi udara bebas dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$FAC = -0,3086 \text{ mGal/m} \times h \quad (3.4)$$

Dimana:

FAC : *Fee air correction* (mGal)

h : Ketinggian titik ukur (m)

Anomali medan gravitasi yang telah terkoreksi udara bebas disebut juga dengan Anomali Udara Bebas (AUB).

$$AUB = g_{\text{obs}} - g_N + FAC \quad (3.5)$$

### 9. Koreksi Bouguer

Massa batuan yang mengisi ruang antara titik pengukuran dan bidang acuan akan menambah besar medan gravitasi teoritis. Besar koreksi ini dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$BC = 2\pi G \rho h \quad (3.6)$$

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

$$BC = 0,04191 \rho h \quad (3.7)$$

Dimana:

BC : *Bouguer Correction/* koreksi Bouguer (mGal/m)

G : Konstanta Gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg} \cdot \text{s}^2$ )

$\rho$  : Rapat massa batuan rata-rata ( $2,67 \text{ gr/cm}^3$ )

h : Ketinggian (m)

Anomali Udara Bebas yang telah terkoreksi oleh koreksi Bouguer disebut juga dengan Anomali Bouguer Sederhana (ABS)

$$ABS = g_{\text{obs}} - g_N + FAC - BC \quad (3.8)$$

## 10. Koreksi Medan

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 di atas 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.

Anomali Bouguer Sederhana yang telah terkoreksi oleh koreksi medan disebut juga dengan anomali Bouguer lengkap. Nilai anomali Bouguer lengkap dapat ditulis dalam persamaan:

$$ABL = g_{\text{obs}} - g_N + FAC - BC + TC \quad (3.9)$$

Dimana:

ABL : Anomali Bouguer Lengkap (mGal)

TC : *Terrain Correction*/koreksi medan (mGal)

#### 11. Reduksi ke bidang datar

Reduksi ke bidang datar dilakukan dengan metode Dampney menggunakan *software MATLAB*.

#### 12. Pemisahan Anomali

Pemisahan anomali lokal dan regional dilakukan dengan metode kontinuitas ke atas menggunakan bantuan *software Magpick*.

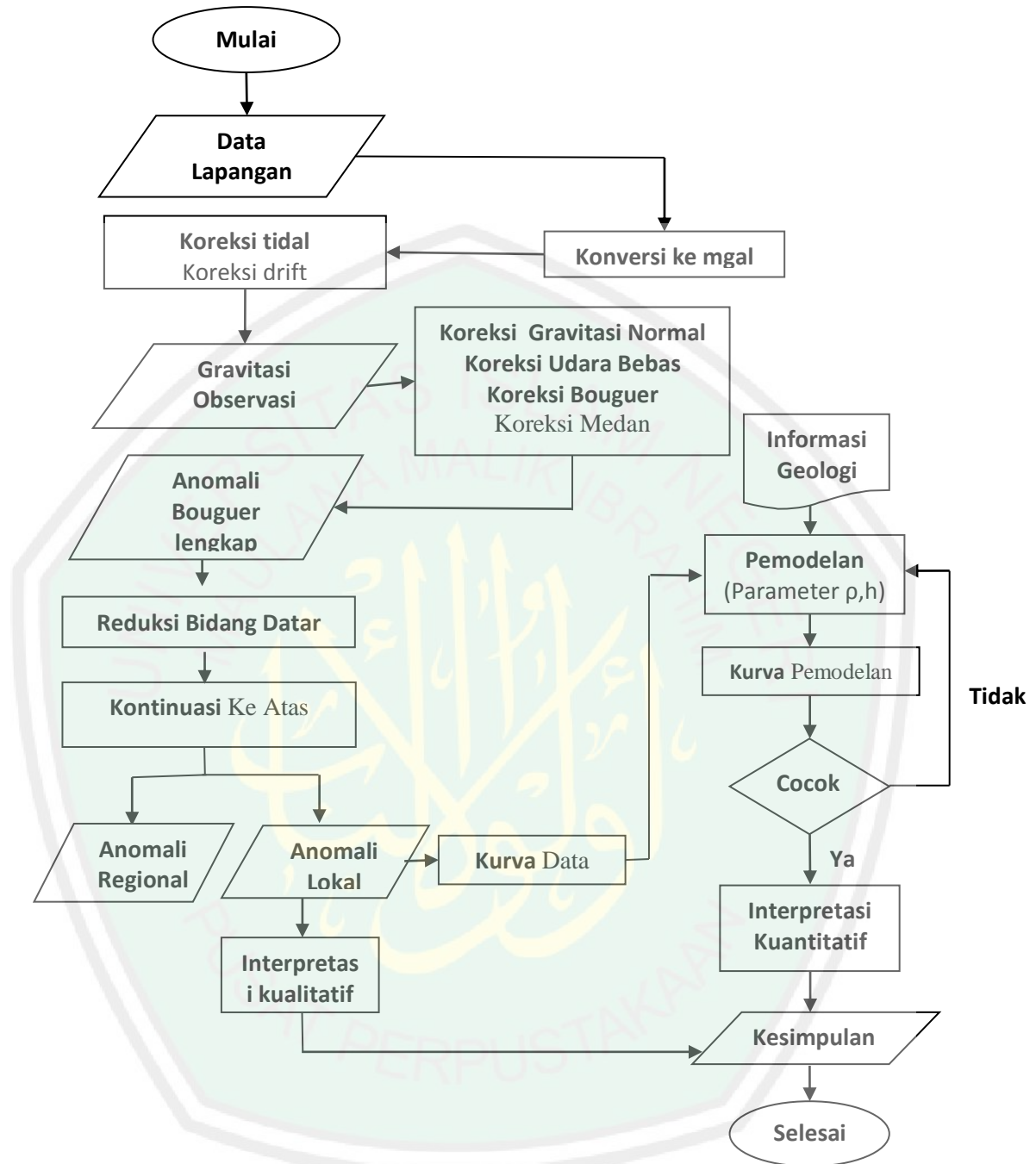
#### 13. Pemodelan struktur bawah permukaan

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

### 3.4.3 Interpretasi Data

Tahap interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan kontrol informasi geologi. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisis persebaran nilai anomali lokal pada area penelitian yang telah dikonturkan menggunakan *software Surfer*. Sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menganalisis model bawah permukaan dari suatu penampang anomali lokal yang telah diiris dengan menggunakan *Software Grav2DC*.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

## **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 batuan 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.

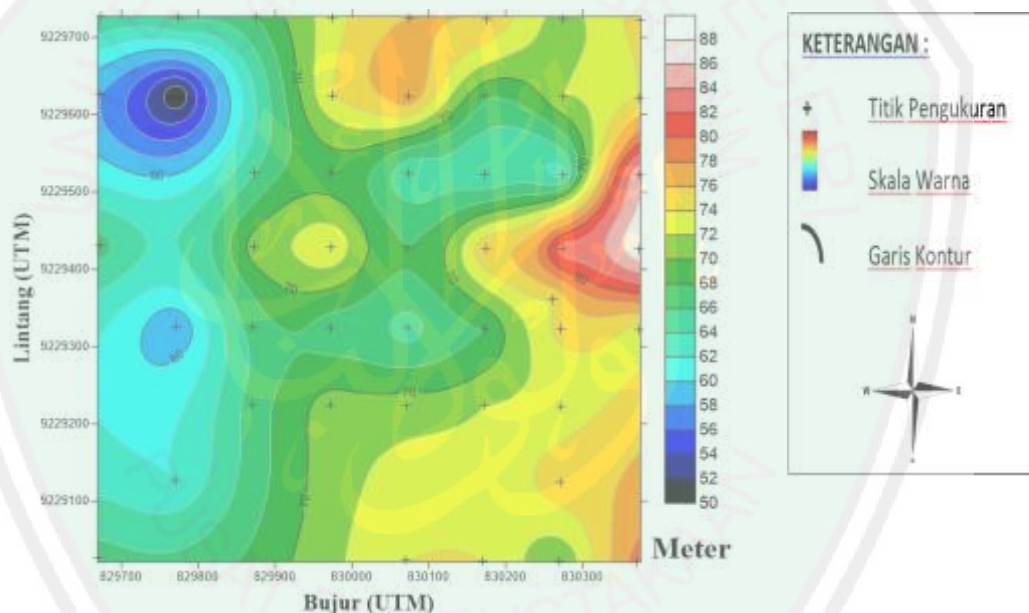
#### **4.1 Akuisisi Data**

Pengukuran gravitasi dilakukan secara *closed loop* menggunakan alat gravimeter *La Coste* dan *Romberg* tipe G-1053 yang memanfaatkan prinsip pegas yang 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 50 titik dengan luasan area sekitar 700 m x 700 m dan menggunakan jarak spasi tiap titik pengukuran  $\pm 100$  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 Hasil Pengolahan Data**

Hasil 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 dari kontribusi banyak hal. 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 bouguer 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

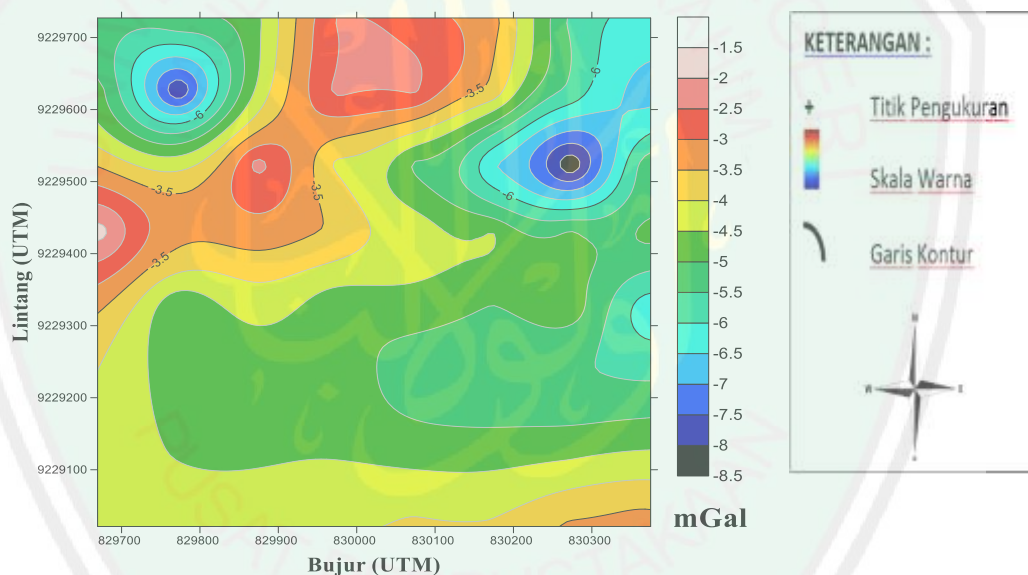
Dari gambar peta kontur topografi daerah penelitian diatas menunjukkan bentuk topografi yang tidak datar yang ditandai dengan anomali rendah, sedang dan tinggi yang ditunjukkan berdasarkan skala warna yang berbeda. Nilai topografi daerah penelitian ini berkisar 50 meter sampai 88 meter. Warna dalam peta kontur menunjukkan nilai anomali, warna hitam menunjukkan nilai anomali rendah dan nilai yang rendah menunjukkan daerah dataran rendah, begitu



seterusnya hingga warna putih yang menunjukkan anomali tinggi yang menunjukkan dataran tinggi.

### 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 yang dapat dihitung secara teoritis. 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

Sebaran anomali bouguer di daerah penelitian bervariasi antara -8,5 sampai -1,5 mGal. Pada area penelitian nilai anomali memiliki nilai negatif yang diduga adanya dominasi batuan yang nilai densitasnya rendah.

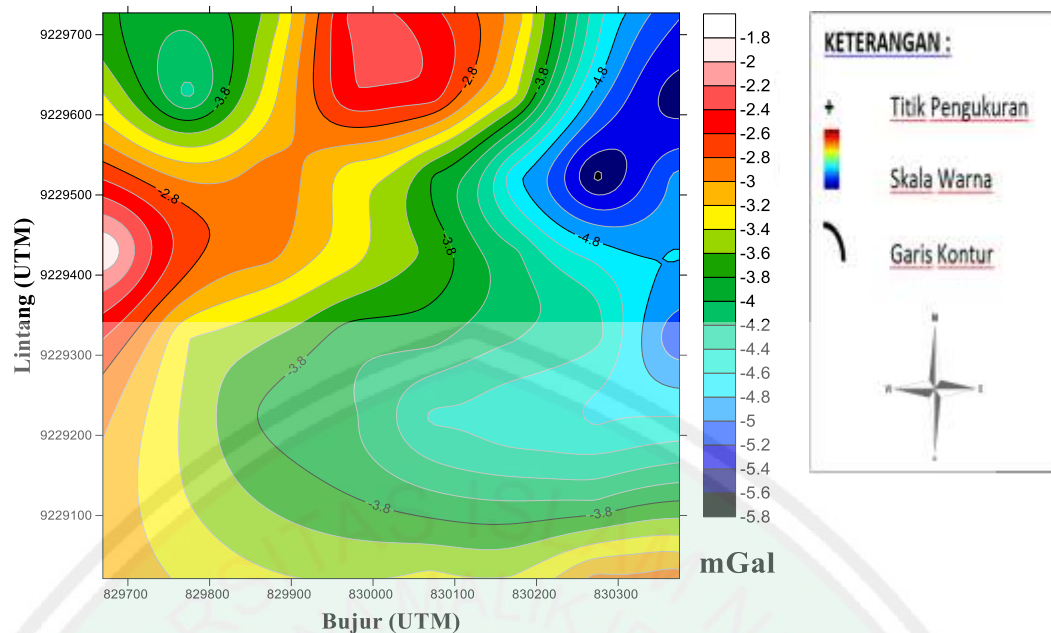
Menurut Alsadi dan Baban (2014) Kontras densitas antar body anomali dan medium disekitarnya akan menyebabkan anomali gravitasi yang sesuai. Anomali gravitasi relatif tinggi (positif) mengindikasikan dominasi dengan batuan densitas

besar dan sebaliknya anomali gravitasi relatif rendah (negatif) mengindikasikan dominasi batuan dengan densitas rendah. Misalnya biji besi yang terkubur itu akan mengindikasikan anomali gravitasi positif, sedangkan kubah garam yang terubur mengindikasikan anomali gravitasi negatif.

#### 4.4 Reduksi Bidang Datar

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 mereduksi ABL tersebut ke suatu bidang datar dengan ketinggian rata-rata topografi. Pada penelitian ini reduksi bidang datar dilakukan dengan pendekatan metode *Dampney*. Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *matlab*, kemudian hasil reduksi dikonturkan menggunakan perangkat lunak *surfer*.

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



Gambar 4. 3 Kontur Hasil Reduksi Bidang Datar Dengan Ketinggian 90 m

Kontur anomali Bouguer lengkap dibidang datar yang dihasilkan memiliki perbedaan yang signifikan dengan anomali Bouguer lengkap sebelum direduksi. Variasi ketinggian antar titik pengukuran dilapangan menyebabkan distorsi pada data anomali dan berpengaruh terhadap hasil kontur anomali Bouguer lengkap setelah direduksi ke bidang datar.

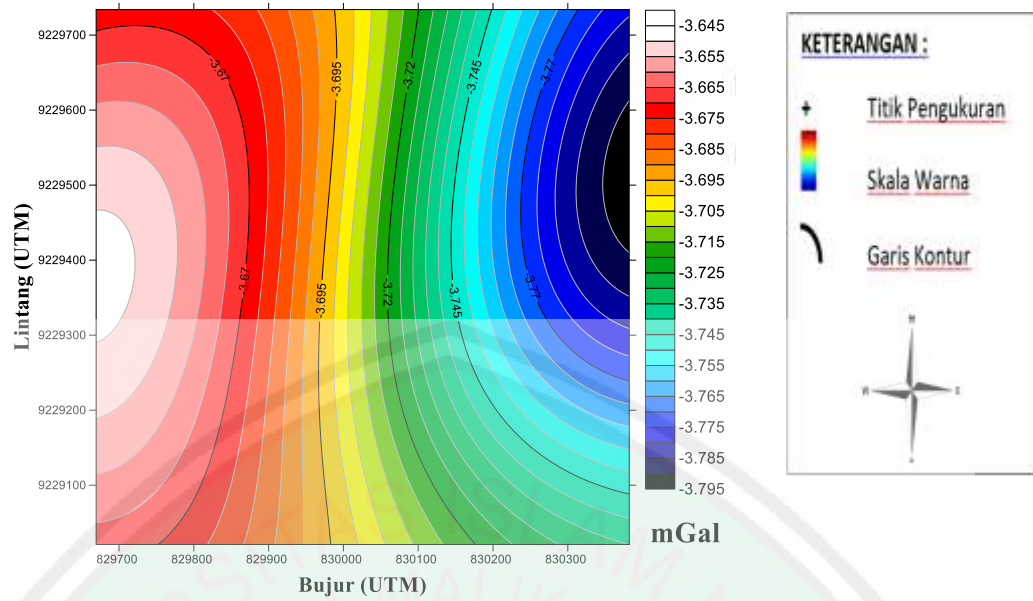
#### 4.5 Interpretasi Kualitatif

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 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.

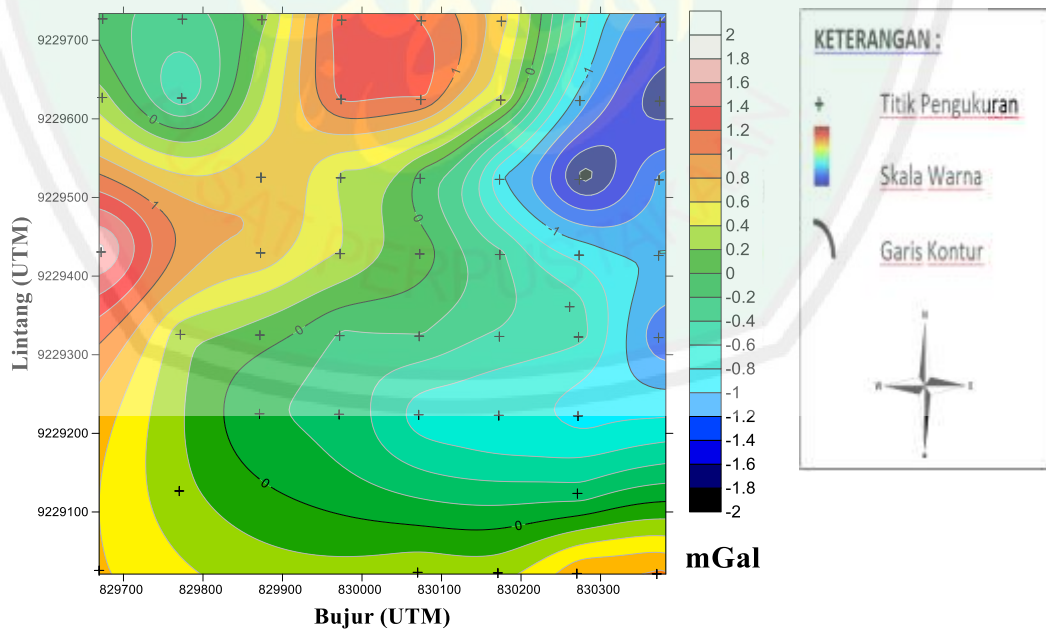
Data anomali yang dihasilkan merupakan data campuran dari anomali regional dan anomali lokal, sehingga data yang telah direduksi bidang datar perlu dilakukan tahap selanjutnya yaitu kontinuitas ke atas untuk memisahkan kedua anomali tersebut. Metode ini pada dasarnya dipakai untuk menghilangkan efek 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 ke atas 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 - 1000 m, kontinuitas yang dianggap paling bagus pada penelitian kali ini menggunakan kontinuitas dengan ketinggian 500 m. Selanjutnya hasil pemisahan dengan *software magpick* dikonturkan menggunakan *software surfer 13*.



Gambar 4. 4 Kontur Anomali Regional Hasil Kontinuasi Ke Atas Pada Ketinggian 500 m

Gambar 4.4 menunjukkan besar nilai anomali regional yang relatif stabil, yaitu pada kisaran  $-3,7$  mGal. Sedangkan nilai anomali lokal dapat dihitung dengan mencari selisih anomali bouger lengkap yang sudah tereduksi bidang datar dengan anomali regional yang telah diperoleh.



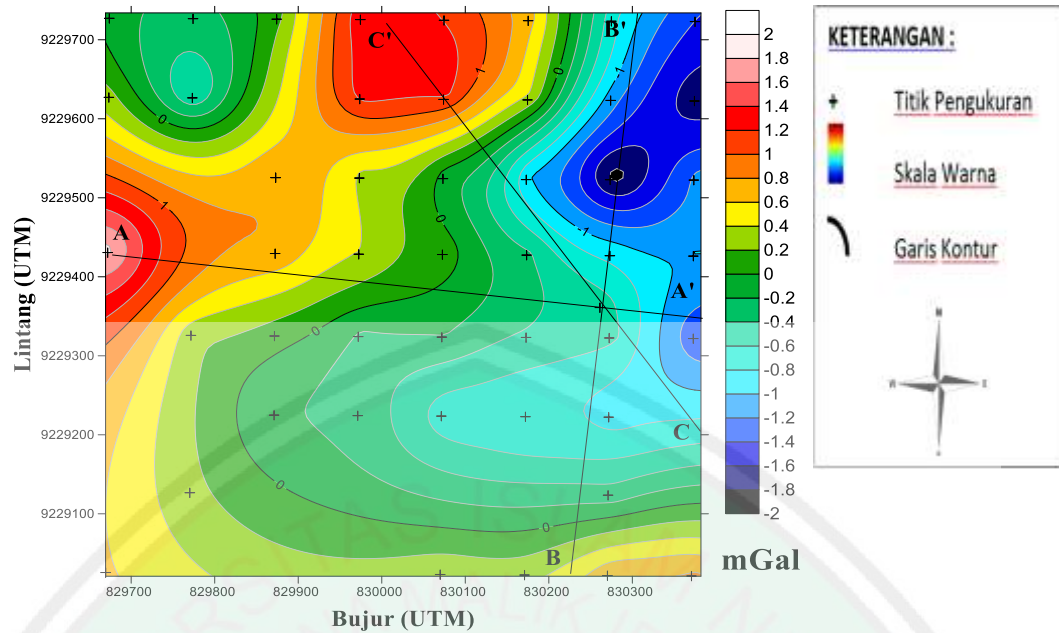
Gambar 4. 5 Kontur Anomali Lokal Hasil Kontinuasi Ke Atas Pada Ketinggian 500 m

Berdasarkan peta anomali lokal yang ditunjukkan oleh gambar 4.5 nilai anomali berada pada rentang -2 mGal hingga 2 mGal. Secara kualitatif pola kontur anomali lokal area penelitian menunjukkan pola anomali rendah (-2 mGal hingga -1 mGal), sedang (-0,8 mGal hingga 0,4 mGal), dan tinggi (0,6 mGal hingga 2 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 perangkap gas. 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 tiga lintasan slice pada kontur anomali lokal untuk memperoleh penampang bawah permukaannya yaitu penampang A-A', B-B' dan C-C'. Interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kualitatif sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang anomali yang menarik untuk ditafsirkan struktur geologi bawah permukaannya.



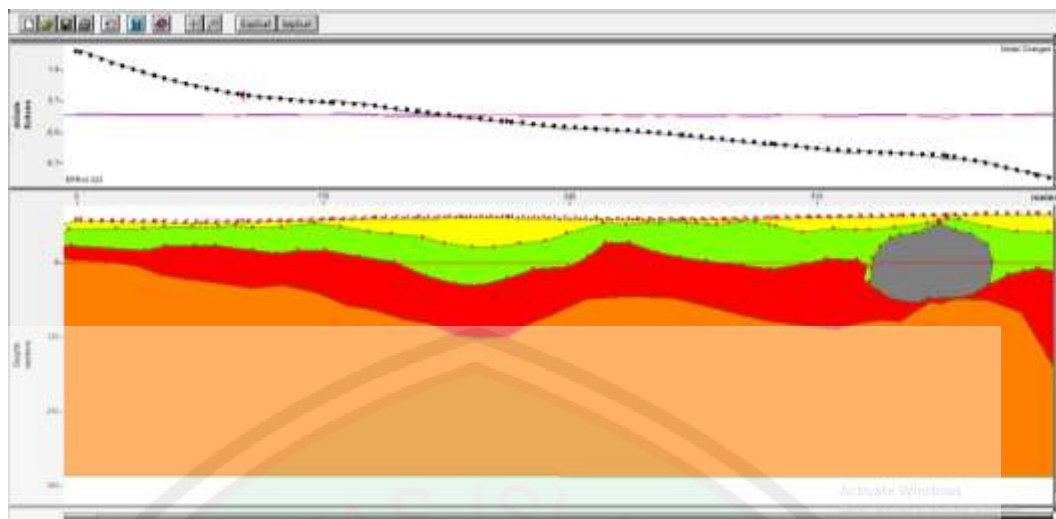
Gambar 4. 6 Profil *Slice* A-A', B-B' Dan C-C' Pada Kontur Anomali Lokal

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* A-A'

Lintasan slice A-A' peta kontur anomali lokal bisa dilihat pada gambar 4.6. profil lintasan *slice* A-A' memotong pola kontur anomali lokal dari tinggi ke rendah serta memotong titik semburan sehingga menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.7.






Penafsiran litologi batuan pada daerah penelitian ini didasari oleh data geologi daerah penelitian. Berdasarkan informasi geologi diketahui bahwa daerah penelitian merupakan struktur formasi tawun yaitu batu lempung, napal, gamping, napalan dan sisipan batu gamping orbitoid.



Gambar 4.7 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan A-A'

Model penampang A-A' pada gambar 4.7 dimodelkan sampai kedalaman 300 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.022%.

Tabel 4.1 Hasil Model Lintasan A-A'

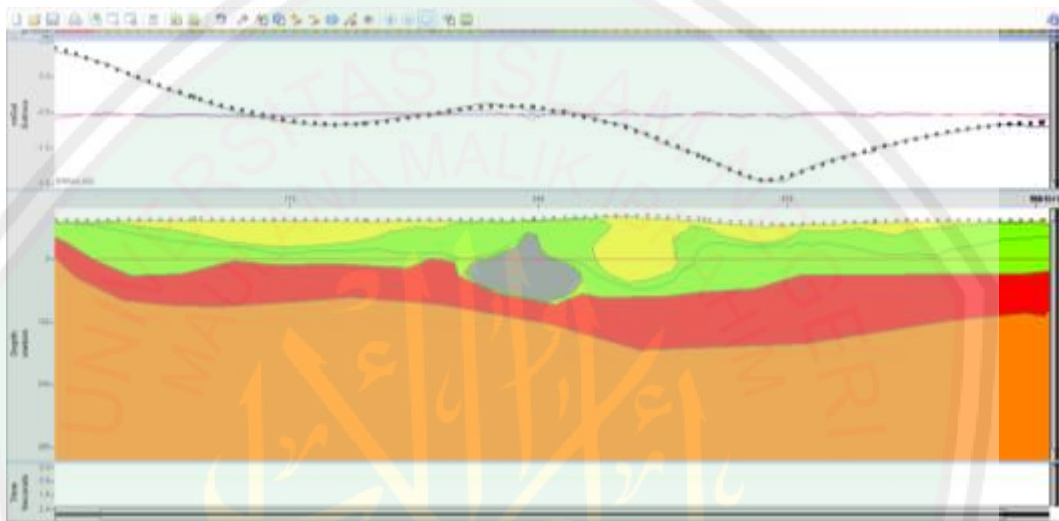
No	Skala Warna	Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	Jenis batuan
1		1,92 gram/cm <sup>3</sup>	Tanah
2		2,1 gram/cm <sup>3</sup>	Batu Lempung
3		2 gram/cm <sup>3</sup>	Lumpur
4		2,2 gram/cm <sup>3</sup>	Napal
5		2,55 gram/cm <sup>3</sup>	Gamping

Berdasarkan tabel 4.1 terlihat bahwa terdiri dari 5 jenis *body*. *Body* pertama ditunjukkan dengan densitas 1,92 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai Tanah. *Body* kedua ditunjukkan dengan densitas 2,21 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai batu lempung. *Body* ketiga ditunjukkan dengan 2 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai lumpur. *Body* keempat ditunjukkan dengan 2,2 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan dengan Napal. *Body* kelima ditunjukkan dengan 2,55 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan dengan Gamping.



#### 4.6.2 Lintasan *Slice B-B'*

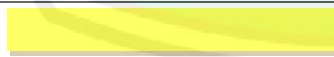




Lintasan *slice B-B'* pada peta kontur anomali lokal dapat dilihat pada gambar 4.6. Profil lintasan *slice B-B'* yang memotong pola kontur anomali lokal dari nilai sedang ke rendah serta memotong titik semburan, sehingga menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.8 sebagai berikut:



Gambar 4.8 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan B-B'

Model penampang B-B' pada gambar 4.8 dimodelkan sampai kedalaman 300 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.033%.

Tabel 4.2 Hasil Model Lintasan B-B'

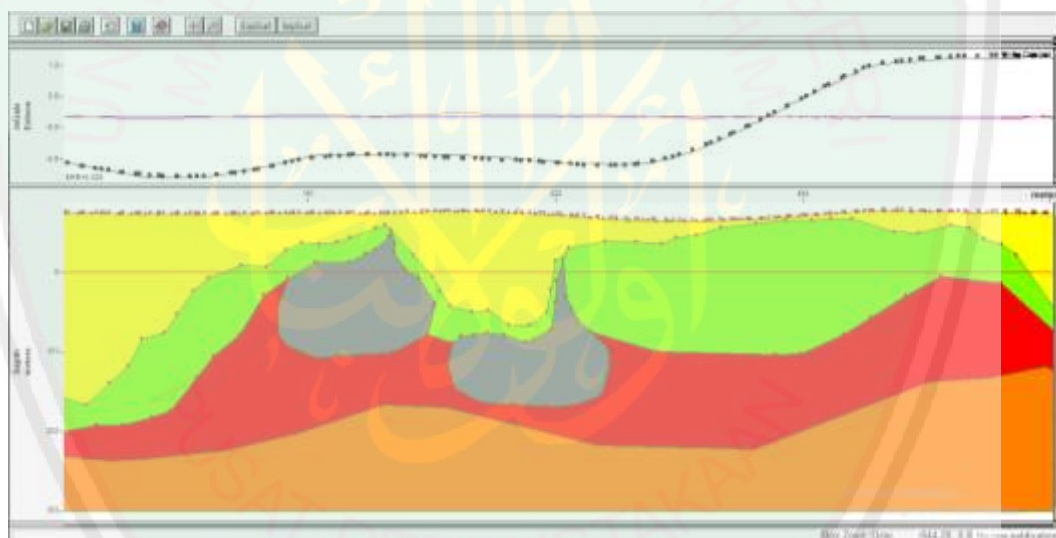
No	Skala Warna	Densitas (gram/cm <sup>3</sup> )	Jenis batuan
1		1,92 gram/cm <sup>3</sup>	Tanah
2		2,1 gram/cm <sup>3</sup>	Batu Lempung
3		2 gram/cm <sup>3</sup>	Lumpur
4		2,2 gram/cm <sup>3</sup>	Napal
5		2,55 gram/cm <sup>3</sup>	Gamping

Berdasarkan tabel 4.2 terlihat bahwa terdiri dari 5 jenis *body*. *Body* pertama ditunjukkan dengan densitas 1,92 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai

Tanah. *Body* kedua ditunjukkan dengan densitas  $2,21 \text{ gram/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batu lempung. *Body* ketiga ditunjukkan dengan  $2 \text{ gram/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai lumpur. *Body* keempat ditunjukkan dengan  $2,2 \text{ gram/cm}^3$  diinterpretasikan dengan Napal. *Body* kelima ditunjukkan dengan  $2,55 \text{ gram/cm}^3$  diinterpretasikan dengan Gamping.

#### 4.6.2 Lintasan *Slice C-C'*



Lintasan slice C-C' pada peta kontur anomali lokal dapat dilihat pada gambar 4.6. Profil lintasan *slice C-C'* yang memotong pola kontur anomali lokal dari nilai sedang hingga tinggi, dan menghasilkan penampang bawah permukaan yang ditunjukkan pada gambar 4.9 berikut:



Gambar 4.9 Model Penampang Anomali Lokal Lintasan C-C'

Model penampang C-C' pada gambar 4.9 dimodelkan sampai kedalaman 300 m dan dihasilkan 5 pola warna atau 5 jenis *body* dengan *error* yang dihasilkan adalah 0.02%.

Tabel 4.3 Hasil Model Lintasan C-C'

No	Skala Warna	Densitas ( $\text{gram/cm}^3$ )	Jenis batuan
1		$1,92 \text{ gram/cm}^3$	Tanah
2		$2,1 \text{ gram/cm}^3$	Batu Lempung

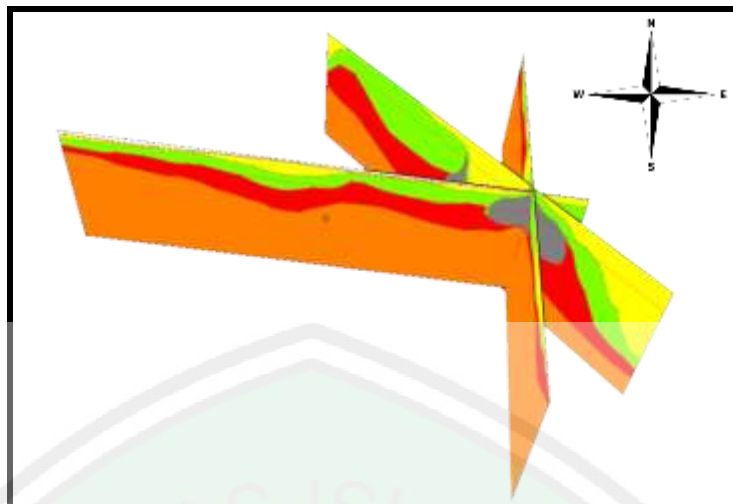
3		2,0 gram/cm <sup>3</sup>	Lumpur
4		2,2 gram/cm <sup>3</sup>	Napal
5		2,55 gram/cm <sup>3</sup>	Gamping

Berdasarkan tabel 4.3 terlihat bahwa terdiri dari 5 jenis *body*. *Body* pertama ditunjukkan dengan densitas 1,92 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai Tanah. *Body* kedua ditunjukkan dengan densitas 2,21 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai batu lempung. *Body* ketiga ditunjukkan dengan 2 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai lumpur. *Body* keempat ditunjukkan dengan 2,2 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan dengan Napal. *Body* kelima ditunjukkan dengan 2,55 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan dengan Gamping.

#### 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 A-A', B-B' dan C-C'. 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 4.10 Model 3 Dimensi Penampang A-A', B-B' Dan C-C' Daerah Penelitian

Dari gambar 4.10 menunjukkan ada empat jenis *body* pertama ditunjukkan dengan warna kuning diinterpretasikan sebagai Tanah. Jenis kedua ditunjukkan dengan warna hijau diinterpretasikan sebagai napal. Jenis ketiga ditunjukkan dengan warna abu-abu diinterpretasikan sebagai lempung. Jenis keempat ditunjukkan dengan orange diinterpretasikan sebagai gamping. Lokasi penelitian terdapat pada Formasi Tawun, menurut Situmorang (1992) Formasi Tawun terdiri dari batulempung, napal, batugamping lempungan dengan sisipan batugamping orbitoid. Lingkungan pengendapan formasi ini berada di lingkungan laut agak dangkal (zona sublittoral bagian dalam) dan tebal formasi ini lebih kurang 300 m. Sebara Formasi Tawun terdapat di bagian tengah Lembar, memanjang dengan arah barat-timur, meliputi daerah Sumberwaru, Mandala, Batuputih dan Bandungan (Batang-batang) membentuk topografi perbukitan bergelombang.

Berdasarkan informasi peta geologi, area penelitian menurut Bemmelen (1949) dalam Situmorang (1992) daerah Sumenep termasuk Lajur Rembang. Lajur ini merupakan punggungan yang terlipat dan membentuk anticlinorium yang memanjang pada arah barat-timur dan berada pada satuan morfologi

perbukitan landau hingga terjal. Morfologi bergelombang dengan ketinggian 0-200 m dpl menempati bagian utara, tengah dan selatan memanjang dengan arah barat-timur, umumnya dibentuk oleh batuan sedimen yang terdiri dari batu lempung Formasi Tawun.

Menurut Rice & Claypoo (1981) Umumnya gas biogenik terperangkap pada sedimen yang belum matang (immature) dan pada kedalaman yang dangkal dengan gradien geotermal rendah, pada penelitian didapatkan sedimen muda berupa lempung yang diduga sebagai tempat terperangkapnya gas biogenik.

Pada *slice* A-A' dan B-B' persebaran lumpur yang diduga berisi gas biogenik berada dibawah titik pengeboran sumur warga. Semburan gas terjadi karena pengeboran sumur menembus kantong gas sehingga mengakibatkan rekahan yang menjadikan jalannya gas untuk keluar. Sedangkan, pada sayatan C-C' persebaran lumpur yang diduga berisi gas biogenik berada pada dua daerah akumulasi, yaitu tepat di bawah titik pengeboran sumur warga dan di sebelah timur laut semburan gas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rice dan Claypool (1981) yang mengatakan bahwa letak gas biogenic tidak terakumulasi pada satu tempat saja. Sebaran gas yang terletak di sebelah timur laut daerah penelitian tersebut tidak menyembur dikarenakan tidak adanya jalur atau rekahan yang menyebabkan gas tersebut menyembur. Ketebalan dari lumpur tersebut  $\pm 50$  sampai 300 mdpl dengan lebar  $\pm 100$  m.

#### **4.8 Kajian Al Qur'an**

Dari penelitian ini diketahui struktur bawah permukaan pada area penelitan menggunakan metode gravity berdasarkan rapat massa batuan yang dapat dijadikan

informasi dalam studi keilmuan dan juga informasi warga setempat akan sebaran gas biogenik. 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 بَطِلًا مُّبْحٰثًا فَفَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۱۹۱

*Artinya : “(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.

Kantong Lempung pada area penelitian berdasarkan hasil model didapatkan angka densitas 2 gram/cm<sup>3</sup>, 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 نُنزِلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ ۲۱

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

## **BAB V KESIMPULAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan rumusan masalah penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pemodelan sebaran gas biogenik terlihat pada hasil penampang model bawah permukaan sayatan A-A', B-B', dan C-C' dengan rata-rata kedalaman kurang lebih 50 sampai 200 meter di bawah permukaan.
2. Berdasarkan hasil model litologi daerah penelitian terdapat 5 *body*. *Body* pertama ditunjukkan dengan densitas 1,92 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai tanah. *Body* kedua ditunjukkan dengan densitas 2,21 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai batu lempung. *Body* ketiga ditunjukkan dengan 2 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan sebagai lumpur. *Body* keempat ditunjukkan dengan 2,2 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan dengan Napal. *Body* keempat ditunjukkan dengan 2,55 gram/cm<sup>3</sup> diinterpretasikan gamping.

### **5.2 Saran**

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk memperluas area, agar mendapatkan persebaran gas biogenik di lokasi lain. Pada saat melakukan akuisisi data disarankan memperbanyak data pada lokasi semburan gas agar mendapatkan hasil yang lebih detail.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an al Karim. 2005. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: Departemen Agama RI.
- Arifin L. 2010. *Distribusi Lapisan Batuan Sedimen yang Diduga Mengandung Gas Biogenik dengan Metode Tahanan Jenis di Pantai Saronggi, Sumenep, Madura*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 5 No. 2. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Ariyanto, Sandy Vikki, Sunaryo, Adi Susilo. 2014. *Pendugaan Struktur Kantong Magma Gunungapi Kelud Berdasarkan Data Gravity Menggunakan Metode Ekuivalen Titik Massa*. Magister Thesis. Malang: Universitas Brawijaya.
- Alsadi, Hamid dan Ezzadin Baban. 2014. *Introduction to gravity exploration method first edition*. Paiwand press : Sulaimaniyah, Kurdistan Region, Iraq.
- Astawa, I.N. 2016. *Indikasi Keberadaan Gas Biogenik Berdasarkan Pendugaan Geolistrik di Delta Cimanuk Indramayu, Jawa Barat*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Badmus, B.S., K. Sotona and Krieger. 2011. *Gravity Support for Hydrocarbon Exploration at the Prospect Level*. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) 2 (1): 1-6.
- Bahri, Radinal J., Dkk. 2015. *Aplikasi Metode Gayaberat Untuk Memprediksi Prospek Panasbumi Di Daerah Kuningan, Jawa Barat*. Fibusi (JoF) Vol. 3 No. 3.
- Blakely, Richard J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. Cambridge University Pres : New York.
- Dampney, CGN. 1969. *The Equivalent Source Technique*, Geophysics vol. 34, no.1.
- Faturachman, A, R. Rahardiawan dan A. Sianipar. 2004. *Kandungan Gas Biogenik Dan Termogenik Gas Sedimen Dasar Laut Di Perairan Selat Madura (Pengaruhnya Terhadap Sifat Fisik Dan Keteknikan)*. Jurnal Geologi Kelautan, vol. 2, no. 2.
- Hunt, Christopher. P., Bruce, M., Moskowitz, Subir, K., and Banerjee. 1996. *Magnetic Properties of Rock and Mineral*. American Geophysical Union. New York: John Wiley and Sons, Inc.



- Jacoby, Wolfgang dan Peter L. Smilde. 2007. *Gravity Interpretation: Fundamentals and Application of Gravity Inversion and Geological Interpretation*. Berlin: Springer.
- Kadir, Abdul. 1999. *Konsep dan Tuntunan Praktis Basis Data*. Yogyakarta: Andi.
- Koesoemadinata, R. P. 1990. *Geologi Minyak dan Gas Bumi edisi 2 jilid 2*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Koesoemadinata, R. P. 1998. *Geologi Minyak dan Gas Bumi edisi 2 jilid 1 dan 2*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Lichoro, Charles Muturia. 2016. *Gravity And Magnetic Methods*. Presented at SDG Short Course I on Exploration and Development of Geothermal Resources, organized by UNU-GTP, GDC and KenGen, at Lake Bogoria and Lake Naivasha, Kenya.
- Longman, I.M. 1959. *Formula for Computing the Tidal Acceleration Due to the Moon and Sun*. Journal Geophysics Research, Vol.64.2351-2355.
- Lubis, S. 2015. *Prospeksi Gas Methan Biogenic Perairan Dangkal: Sumber Gas Non-Konvensional*. Short Course on SM IAGI UNPAD : Jatinangor.
- Lutfia P.I.A, Mahmud Musta'in, Mukhtashor, Syaiful Bachry. 2012. *Eksplorasi Parameter Fisik Cekungan Migas di Perairan Blok Ambalat Dengan Metode Gravitasi*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1,1-6.
- Moehadi, M. 2011. *Fundamental of Petroleum Geology and Exploration, 06 Cekungan Sedimentasi*.
- Purwanto, Agus. 2015. *Ayat-Ayat Semesta : Sisi Al-Quran Yang Terlupakan*. Bandung : PT Mizan Pustaka.
- Rahman, M. Dkk. 2014. *Pendugaan Struktur Bawah Permukaan 2½ Dimensi di Kawasan Gunungapi Kelud Berdasarkan Survei Gravitasi*. NATURAL B, Vol. 2, No. 3.
- Rice, D. D. Dan Claypool, G. E. 1981. *Generation, accumulation, and resourcepotential of biogenic gas*. AAPG Bulletin. v.65, h. 5 – 25.
- Schneider , F., M. Dubille and L. Montadert. 2016. *Modeling of microbial gas generation: application to the eastern Mediterranean "Biogenic Play"*. Geologica Acta, Vol.14, No 4.
- Scott, W.J Ph.D., P.Eng., P.Geo. 2004. *Geophysics For Mineral Exploration*. Prepared for Matty Mitchell Room Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources.

Situmorang, R.L., D.A agustianto dan M. superman.1992. *Geologi lembar waru – sumenep Madura. Bandung*. Pusat penelitian dan pengembangan geologi.

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*. Malang: Universitas Brawijaya.

Telford, W.M, Geldart, L.P., and Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics (2nd)*.Cambridge University Press : Cambridge.

Torkis, Rahman. 2012. *Analisa Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Metode Gaya Berat di Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Lawu*. Skripsi. Depok. Universitas Indonesia.

Valenta, Jan.2015. *Introduction to Geophysics*. Czech republic development cooperation.



# LAMPIRAN

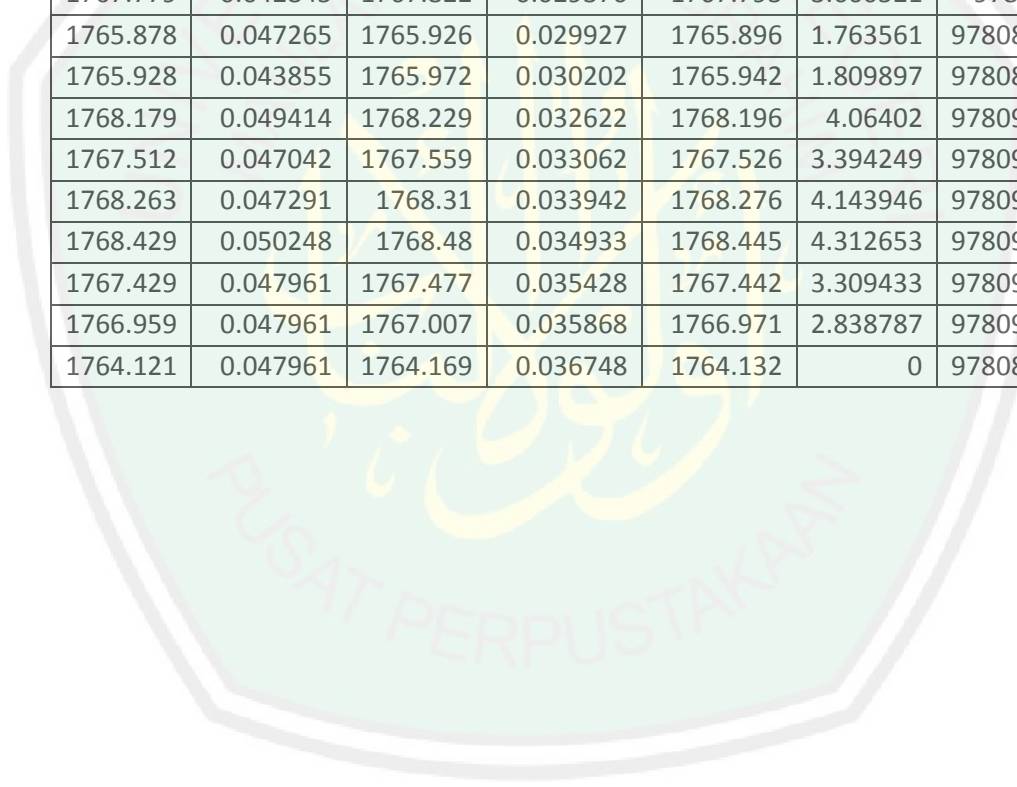


## Lampiran 1

Hari

Titik	Latitude	Longitude	Elevation	Jam	Menit	Bacaan Alat
Base	830417.09	9229828.68	52	6	6.00	1740.07
57	830375	9229723	75	10	42.00	1740.24
56	830374.34	9229622.49	74	10	54.00	1740.03
55	830274	9229623.25	72	11	4.00	1741.56
58	830274.89	9229723.49	71	11	19.00	1741.67
41	830373.57	9229522.4	86	11	41.00	1739.327
40	830373.02	9229426.18	88	11	58.00	1739.15
39	830273.02	9229426.68	83	12	17.00	1740.14
42	830273.41	9229522.87	63	13	0.00	1740.443
43	830173	9229523	64	13	17.00	1742.27
44	830073.23	9229524.25	64	13	39.00	1743.707
45	829973.18	9229524.97	69	13	51.00	1743.65
46	829872.91	9229525.56	66	14	20.00	1746.027
35	829872.38	9229429.46	71	14	31.00	1744.213
30	829871.57	9229325.04	67	14	42.00	1744
36	829972.44	9229428.59	74	14	52.00	1743.28
37	830072.6	9229428.18	68	15	0.00	1743.85
38	830173.41	9229427.43	76	15	10.00	1741.95
semburan	830261.12	9229361.04	74	15	15.00	1742
54	830174.49	9229623.89	68	15	59.00	1744.25
53	830073.94	9229624.51	78	16	7.00	1743.583
52	829973.65	9229625.01	74	16	23.00	1744.333
61	829974.42	9229725.54	73	16	41.00	1744.5
60	830074.51	9229724.69	76	16	50.00	1743.5
59	830175.3	9229724.17	76	16	58.00	1743.03
base	830417.09	9229828.68	52	17	14.00	1740.193

mGal	Tide Correction	g_tdc	Drift Correction	Reading Correction	$\Delta g$	g_Obs
1763.998	0.1346	1764.132	0	1764.132	0	978087.3
1764.168	0.052658	1764.22	0.015183	1764.205	0.072949	978087.4
1763.958	0.058615	1764.016	0.015843	1764	-0.13185	978087.2
1765.488	0.052524	1765.541	0.016394	1765.524	1.392182	978088.7
1765.598	0.050707	1765.649	0.017219	1765.632	1.499588	978088.8
1763.254	0.068649	1763.323	0.018429	1763.304	-0.82804	978086.5
1763.077	0.057781	1763.135	0.019364	1763.116	-1.01659	978086.3
1764.068	0.051339	1764.119	0.02041	1764.098	-0.03364	978087.3
1764.371	0.058317	1764.429	0.022775	1764.407	0.274439	978087.6
1766.198	0.048867	1766.247	0.02371	1766.224	2.091518	978089.4
1767.636	0.04281	1767.679	0.02492	1767.654	3.521546	978090.8
1767.579	0.039416	1767.619	0.025581	1767.593	3.460801	978090.8
1769.957	0.044358	1770.001	0.027176	1769.974	5.841853	978093.2
1768.143	0.044334	1768.187	0.027781	1768.159	4.027098	978091.4
1767.929	0.042641	1767.972	0.028386	1767.943	3.811373	978091.1
1767.209	0.03801	1767.247	0.028936	1767.218	3.085877	978090.4
1767.779	0.042845	1767.822	0.029376	1767.793	3.660521	978091
1765.878	0.047265	1765.926	0.029927	1765.896	1.763561	978089.1
1765.928	0.043855	1765.972	0.030202	1765.942	1.809897	978089.1
1768.179	0.049414	1768.229	0.032622	1768.196	4.06402	978091.4
1767.512	0.047042	1767.559	0.033062	1767.526	3.394249	978090.7
1768.263	0.047291	1768.31	0.033942	1768.276	4.143946	978091.5
1768.429	0.050248	1768.48	0.034933	1768.445	4.312653	978091.6
1767.429	0.047961	1767.477	0.035428	1767.442	3.309433	978090.6
1766.959	0.047961	1767.007	0.035868	1766.971	2.838787	978090.2
1764.121	0.047961	1764.169	0.036748	1764.132	0	978087.3



Normal Gravitation	FAC	BC	FAA	SBA	Terrain	CBA
978131.5	154.3	55.97655	102.2167	46.24019		
978108.5	16.0472	5.821561	-5.08346	-10.905		-10.905
978108.5	23.145	8.396483	2.067065	-6.32942	0.0348	-6.29462
978108.5	22.8364	8.284529	1.533963	-6.75057	0.0265	-6.72407
978108.5	22.2192	8.060623	2.440813	-5.61981	-0.0329	-5.65271
978108.5	21.9106	7.94867	2.259239	-5.68943	0.0318	-5.65763
978108.5	26.5396	9.627967	4.521348	-5.10662	0.0211	-5.08552
978108.5	27.1568	9.851873	4.931156	-4.92072	0.0596	-4.86112
978108.5	25.6138	9.292107	4.371081	-4.92103	0.0524	-4.86863
978108.5	19.4418	7.053045	-1.474	-8.52704	0.0622	-8.46484
978108.5	19.7504	7.164998	0.651727	-6.51327	0.0388	-6.47447
978108.5	19.7504	7.164998	2.081732	-5.08327	0.0101	-5.07317
978108.5	21.2934	7.724764	3.564009	-4.16075	0.0698	-4.09095
978108.5	20.3676	7.388905	5.01924	-2.36966	0.0354	-2.33426
978108.5	21.9106	7.94867	4.728662	-3.22001	0.0262	-3.19381
978108.6	20.6762	7.500858	3.258085	-4.24277	-0.0177	-4.26047
978108.5	22.8364	8.284529	4.713198	-3.57133	0.0137	-3.55763
978108.5	20.9848	7.612811	3.436285	-4.17653	0.0305	-4.14603
978108.5	23.4536	8.508436	4.008103	-4.50033	0.0385	-4.46183
978108.5	22.8364	8.284529	3.424335	-4.86019	0.0376	-4.82259
978108.5	20.9848	7.612811	3.878251	-3.73456	0.0598	-3.67476
978108.5	24.0708	8.732342	6.29448	-2.43786	-0.0005	-2.43836
978108.5	22.8364	8.284529	5.809733	-2.4748	0.0551	-2.4197
978108.5	22.5278	8.172576	5.689547	-2.48303	0.0151	-2.46793
978108.5	23.4536	8.508436	5.612084	-2.89635	0.0533	-2.84305
978108.5	23.4536	8.508436	5.14146	-3.36698	0.0066	-3.36038
978108.5	16.0472	5.821561	-5.08346	-10.905		-10.905

Hari:

Titik	Latitude	Longitude	Elevation	Jam	Menit	Bacaan Alat
base	830417.09	9229828.68	52	6	31.00	1740.12
25	830372.94	9229321.81	73	7	3.00	1740.54
23	830271.65	9229222.33	73	7	20.00	1741.483
22	830172.02	9229222.92	72	7	38.00	1741.77
21	830071.3	9229223.66	71	7	51.00	1742.037
20	829971.21	9229224.26	71	8	0.00	1742.727
28	830071.89	9229323.66	65	8	21.00	1743.78
29	829971.87	9229324.29	67	8	31.00	1743.2
27	830172.74	9229323.23	68	8	51.00	1742.85
26	830272.29	9229322.55	75	8	56.00	1741.807
10	830270.93	9229123.57	75	9	53.00	1741.983
8	830370.79	9229021.23	79	10	9.00	1742.47
7	830270.19	9229021.8	70	10	15.00	1744.03
6	830170.9	9229022.46	74	10	36.00	1742.717
5	830069.98	9229023.18	74	10	56.00	1742.75
1	829669.4	9229025.65	67	11	0.00	1743.93
15	829770.15	9229126.71	62	11	7.00	1744.45
19	829871.09	9229224.91	67	11	20.00	1743.333
31	829771.54	9229325.81	58	11	31.00	1744.81
33	829671.87	9229430.68	67	11	44.00	1746.197
46	829872.91	9229525.56	59	11	53.00	1745.88
49	829673.26	9229627.12	58	12	14.00	1744.9
64	829673.87	9229727.18	66	12	24.00	1742.99
63	829774.07	9229726.73	67	12	34.00	1742.99
50	829773.26	9229626.47	50	12	40.00	1743.3
62	829874.18	9229726.07	68	13	20.00	1743.2
base	830417.09	9229828.68	52	13	34.00	1740

mGal	Tide Correction	g_tdc	Drift Correction	Reading Correction	$\Delta g$	g_Obs
1764.048	0.047961	1764.096	-0.0074	1764.103	0	978087.3
1764.468	0.047961	1764.516	-0.01687	1764.533	0.429656	978087.8
1765.411	0.037318	1765.449	-0.0219	1765.471	1.367792	978088.7
1765.698	0.037578	1765.736	-0.02723	1765.763	1.660171	978089
1765.965	0.034655	1766	-0.03108	1766.031	1.92788	978089.3
1766.655	0.033159	1766.689	-0.03375	1766.722	2.61935	978089.9
1767.709	0.036169	1767.745	-0.03996	1767.785	3.68237	978091
1767.129	0.035953	1767.165	-0.04292	1767.208	3.10486	978090.4
1766.779	0.038379	1766.817	-0.04884	1766.866	2.763054	978090.1
1765.735	0.040935	1765.776	-0.05032	1765.826	1.7233	978089
1765.912	0.034757	1765.946	-0.06719	1766.014	1.910739	978089.2
1766.399	0.03823	1766.437	-0.07193	1766.509	2.405827	978089.7
1767.959	0.035082	1767.994	-0.07371	1768.068	3.965137	978091.3
1766.645	0.032921	1766.678	-0.07992	1766.758	2.655285	978090
1766.679	0.033154	1766.712	-0.08584	1766.798	2.694786	978090
1767.859	0.039775	1767.899	-0.08703	1767.986	3.883107	978091.2
1768.379	0.03926	1768.419	-0.0891	1768.508	4.404892	978091.7
1767.262	0.03714	1767.299	-0.09295	1767.392	3.289465	978090.6
1768.74	0.04323	1768.783	-0.0962	1768.879	4.776124	978092.1
1770.127	0.040789	1770.168	-0.10005	1770.268	6.164804	978093.5
1769.81	0.044358	1769.854	-0.10272	1769.957	5.854232	978093.2
1768.83	0.040586	1768.87	-0.10893	1768.979	4.876247	978092.2
1766.919	0.035829	1766.955	-0.11189	1767.067	2.963615	978090.3
1766.919	0.039026	1766.958	-0.11485	1767.073	2.969773	978090.3
1767.229	0.044653	1767.274	-0.11663	1767.39	3.287311	978090.6
1767.129	0.04335	1767.172	-0.12847	1767.301	3.197805	978090.5
1763.927	0.0428	1763.97	-0.13261	1764.103	0	978087.3



Normal Gravitation	FAC	BC	FAA	SBA	Terrain	CBA
978108.5	16.0472	5.821561	-5.08346	-10.905		-10.905
978108.6	22.5278	8.172576	1.727946	-6.44463	0.0205	-6.42413
978108.6	22.5278	8.172576	2.646408	-5.52617	0.0287	-5.49747
978108.6	22.2192	8.060623	2.630058	-5.43057	0.0694	-5.36117
978108.6	21.9106	7.94867	2.589361	-5.35931	0.0167	-5.34261
978108.6	21.9106	7.94867	3.280832	-4.66784	0.0672	-4.60064
978108.6	20.059	7.276952	2.51186	-4.76509	0.0326	-4.73249
978108.6	20.6762	7.500858	2.551551	-4.94931	0.022	-4.92731
978108.6	20.9848	7.612811	2.518387	-5.09442	0.0475	-5.04692
978108.6	23.145	8.396483	3.638812	-4.75767	0.0375	-4.72017
978108.6	23.145	8.396483	3.787271	-4.60921	-0.0064	-4.61561
978108.6	24.3794	8.844295	5.49682	-3.34748	0.1311	-3.21638
978108.6	21.602	7.836717	4.278708	-3.55801	0.1311	-3.42691
978108.6	22.8364	8.284529	4.203256	-4.08127	0.1311	-3.95017
978108.6	22.8364	8.284529	4.242779	-4.04175	0.1311	-3.91065
978108.6	20.6762	7.500858	3.2709	-4.22996	0.1311	-4.09886
978108.6	19.1332	6.941092	2.269601	-4.67149	0.1311	-4.54039
978108.6	20.6762	7.500858	2.716547	-4.78431	-0.01	-4.79431
978108.6	17.8988	6.49328	1.445458	-5.04782	0.0497	-4.99812
978108.5	20.6762	7.500858	5.631968	-1.86889	0.0819	-1.78699
978108.5	18.2074	6.605233	2.871418	-3.73381	0.0123	-3.72151
978108.5	17.8988	6.49328	1.604478	-4.8888	0.0082	-4.8806
978108.5	20.3676	7.388905	2.180245	-5.20866	0.0374	-5.17126
978108.5	20.6762	7.500858	2.495046	-5.00581	0.0006	-5.00521
978108.5	15.43	5.597655	-2.45326	-8.05091	0.0272	-8.02371
978108.5	20.9848	7.612811	3.031678	-4.58113	-0.0084	-4.58953
978108.5	16.0472	5.821561	-5.08346	-10.905		-10.905

LAMPIRAN 3 Dokumentasi Kegiatan Akuisisi Data Lapangan







**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

**Nama** : Nur Rohmad Hidayatullah  
**NIM** : 14640052  
**Fakultas/ Jurusan** : Sains dan Teknologi/ Fisika  
**Judul Skripsi** : IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK  
MENGUNAKAN METODE GRAVITY (STUDI KASUS  
DESA BATANG-BATANG LAOK KECAMATAN  
BATANG-BATANG KABUPATEN SUMENEP)  
**Pembimbing I** : Irjan, M.Si  
**Pembimbing II** : Ahmad Abtokhi, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	8 Januari 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	10 Juni 2020	Konsultasi Data	
3	20 Juli 2020	Konsultasi Pengolahan Data	
4	15 Agustus 2020	Konsultasi Hasil Analisa	
5	21 Oktober 2020	Konsultasi Kajian Agama	
6	12 November 2020	Konsultasi Bab IV dan V	
7	3 Desember 2020	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
8	20 Desember 2020	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 22 Desember 2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,



Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003