

**IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
(STUDI KASUS: SEMBURAN GAS DI DESA SIDOLAJU
KECAMATAN WIDODAREN KABUPATEN NGAWI)**

SKRIPSI

Oleh:
SITI ROMLAH
NIM. 15640037



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

**IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
(STUDI KASUS : SEMBURAN GAS DI DESA SIDOLAJU
KECAMATAN WIDODAREN KABUPATEN NGAWI)**

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:

**SITI ROMLAH
NIM. 15640037**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
(STUDI KASUS : SEMBURAN GAS DI DESA SIDOLAJU
KECAMATAN WIDODAREN KABUPATEN NGAWI)

SKRIPSI

Oleh:
Siti Romlah
NIM. 15640037

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal: 20 November 2019

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 002

Menyetujui,
Ketua Jurusan Fisika



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

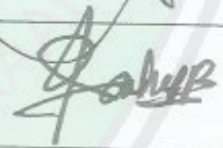
HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK
DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
(STUDI KASUS: SEMBURAN GAS DI DESA SIDOLAJU
KECAMATAN WIDODAREN KABUPATEN NGAWI)

SKRIPSI

Oleh:
Siti Romlah
NIM. 15640037

Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 1 Desember 2019

Penguji Utama :	<u>Irian, M.Si.</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji :	<u>Rusli, M.Si.</u> NIDT. 19880715 20180201 1 245	
Sekretaris Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji :	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 002	

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Romlah
NIM : 15640037
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Gas Biogenik dengan Metode
Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus : Semburan Gas di Desa
Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 07 November 2019
Yang membuat pernyataan



Siti Romlah
NIM. 15640037

..... فَإِذَا عَزَمْتَ فَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُتَوَكِّلِينَ ﴿١٥٩﴾

Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, Maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya (QS Ali Imron : 159)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Kedua orangtuaku tercinta, Ayahanda Ramin dan Ibunda Sriatun yang selalu Menjadi support utama dan alasan untuk menempuh pendidikan Si

Kedua adikku, Thohir Ali Imron dan Imam Mustofa yang selalu menjadi semangatku untuk meraih cita-cita

Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si dan Bapak Ahmad Abtohi, M.Pd.

Semua teman-teman yang ikut berkontribusi dalam penyelesaian Skripsiku

Almamaterku Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim

Dan Untuk Diriku, Terimakasih telah bertahan dalam masa-masa sulit ini.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat yang begitu luasnya kepada kami, sehingga sampai saat ini penulis dapat merampungkan skripsi dengan tepat waktu. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian tugas akhir sarjana strata satu (S1) Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pada skripsi ini, penulis mengambil judul **“Identifikasi Sebaran Gas Biogenik dengan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi.)”**

Atas selesainya penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. H. 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 sekaligus Dosen Pembimbing I yang dengan sabar membimbing sehingga proposal ini dapat terselesaikan.
4. Irjan, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar dan telaten membimbing hingga proposal ini selesai.
5. Orangtua dan keluarga yang tak lelah mendukung dan memberikan do'a hingga saat ini.
6. Teman-Teman Fisika angkatan 2015 dan Geofisika yang selalu membantu dan menjadi penyemangat untuk menyelesaikan proposal ini.
7. Teman-Teman Pesma (Pesantren Mahasiswa) Al- Mubarizi dan Rumah Tahfidz Ummaira yang selalu menyemangati untuk lekas menyelesaikan tahapan-tahapan skripsi.
8. Seluruh pihak-pihak yang terlibat langsung maupun tidak dalam penyelesaian skripsi ini

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis meminta maaf atas segala kekurangan dalam skripsi ini. Kami mohon masukan dan kritikan supaya dapat mengevaluasi dan memperbaiki agar lebih baik. Akhir kata, penulis sangat berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Malang, 20 November 2019



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PEGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.4.1 Manfaat dalam Bidang Keilmuan	6
1.4.2 Manfaat kepada Masyarakat	6
1.5 Batasan Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Gas Alam	8
2.1.1 Pemanfaatan Gas Alam di Indonesia.....	8
2.1.2 Gas Biogenik.....	12
2.1.2.1 Kedalaman dan Waktu Generasi Gas Biogenik	16
2.1.2.2 Karakteristik Gas Biogenik	16
2.1.2.3 Proses Terbentuknya dan Terperangkapnya Gas Biogenik	17
2.2 Metode Geolistrik	18
2.2.1 Metode Geolistrik Resistivitas	19
2.2.2 Konduktivitas Listrik.....	21
2.2.3 Konfigurasi Elektroda	24
2.2.3.1 Konfigurasi Wenner	25
2.2.4 Faktor Koreksi Geometri	26
2.2.5 Resistivitas Semu	28
2.2.6 Pemodelan Data Geofisika	32
2.3 Tinjauan Daerah Penelitian	34
2.3.1 Geomorfologi	35
2.3.2 Stratigrafi	36
2.3.3 Struktur dan Tektonika	39
BAB III METODE PENELITIAN	42
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
3.2 Peralatan Penelitian.....	42
3.3 Desain Akuisisi	43
3.4 Pengambilan Data Geolistrik.....	43
3.5 Pengolahan Data Geolistrik	44

3.6 Interpretasi Data Geolistrik	44
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Akuisisi Data	46
4.2 Pengolahan Data	48
4.3 Interpretasi Data	49
4.3.1 Interpretasi Lintasan 1	50
4.3.2 Interpretasi Lintasan 2	52
4.3.3 Interpretasi Lintasan 3	54
4.3.4 Interpretasi Lintasan 4	56
4.4 Pemodelan 3D	59
4.3 Fenomena Semburan Air dalam Perspektif Al-Qur'an	65
BAB V PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Semburan gas beserta air dan lumpur pada 6 Agustus 2018 di desa Sidolaju	3
Gambar 1.2 Semburan gas beserta api pada tahun 2014 di desa Sidolaju	3
Gambar 2.1 Proses Terperangkapnya Gas Biogenik	17
Gambar 2.2 Konfigurasi Wenner.....	29
Gambar 2.3 Lokasi Daerah Penelitian	34
Gambar 3.1 Lintasan Penelitian.....	44
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1 Lintasan 1	50
Gambar 4.2 Lintasan 2	53
Gambar 4.3 Lintasan 3	55
Gambar 4.4 Lintasan 4	57
Gambar 4.5 Pemodelan 3D menggunakan <i>software Sketch Up 2017</i>	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat Emisi Bahan Bakar	11
Tabel 2.2	Tabel Konduktivitas	22
Tabel 2.3	Tabel Resistivitas	22
Tabel 4.1	Hasil Interpretasi Lintasan 1	51
Tabel 4.2	Hasil Interpretasi Lintasan 2	53
Tabel 4.3	Hasil Interpretasi Lintasan 3	55
Tabel 4.4	Hasil Interpretasi Lintasan 4	57



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Akuisisi Data

Lampiran 2 Hasil Inversi Data dari Software Res2dinv

Lampiran 3 Cara Pengolahan Data Geolistrik

Lampiran 4 Dokumentasi Akuisisi Data

Lampiran 5 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Romlah, Siti. 2019. **Identifikasi Sebaran Gas Biogenik dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus: Semburan Gas di desa Sidolaju kecamatan Widodaren kabupaten Ngawi)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid M,Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Geolistrik, Semburan sumur, Gas biogenik, Ngawi

Penelitian identifikasi bawah permukaan area semburan gas biogenik dengan metode geolistrik telah dilakukan di desa Sidolaju, kecamatan Widodaren, kabupaten Ngawi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran indikasi gas biogenik di area penelitian dan litologi bawah permukaan area penelitian. Jenis konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Wenner. Identifikasi ini diperoleh dengan menggunakan pengukuran pada 4 lintasan konfigurasi Wenner dan pengolahan data menggunakan *software Res2dinv* untuk penampang 2D dan *software Sketch Up 2017* untuk pemodelan 3D. Hasil pengolahan data ini berupa pemodelan sebaran nilai resistivitas dan litologi bawah permukaan daerah semburan. Interpretasi lapisan di bawah permukaan tanah menunjukkan bahwa pada lintasan 1 hingga 4 lapisan terdiri dari batupasir vulkanik berasosiasi dengan batu lempung lanau vulkanik, batulempung lanau vulkanik berasosiasi dengan batupasir vulkanik dan batulempung vulkanik berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik. Dari hasil penelitian geolistrik dan didukung dengan data pengeboran di lapangan didapatkan nilai resistivitas tinggi yang diinterpretasikan sebagai lapisan batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik dimana sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik.

ABSTRACT

Romlah, Siti. 2019. An Identification of Biogenic Gas Distribution by Using the Resistivity Geo-electric Method (Case Study: Gas Bursts in Sidolaju Village of Widodaren, Ngawi). Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor: (I) Drs. Abdul Basid M, Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Keywords: Geo-electric, wells, biogenic gas, Ngawi

Research about the identification of subsurface areas of biogenic gas bursts used the geo-electric method in Sidolaju village of Widodaren, Ngawi regency. The research aims at determining the distribution of biogenic gas indications in the research area and subsurface lithology in the research area. The type of configuration used the Wenner configuration. The identification was obtained by using measurements on 4 tracks of the Wenner configuration and data processing used *Res2dinv software* for 2D crosser and *Sketch Up 2017 software* for 3D modeling. The results of the data processing were modeling of the distribution of resistivity and lithology values under the surface of the bursts area. Interpretation of the subsurface layer shows that in trajectories of 1 to 4 consisted of volcanic sandstone that intertwined with volcanic siltstone, volcanic siltstone intertwined with volcanic sandstone and volcanic sandstone intertwined with volcanic siltstone. From the results of geo-electric research and supported by field drilling data were resulted a high resistivity value that was interpreted as a volcanic sandstone layer that was intertwined with volcanic siltstone as migrated place of biogenic gas.

ملخص البحث

رملة، ستي. 2019. تحديد توزيع الغاز الاحيائية باستخدام الطريقة الجغرافية الكهربائية المقاومة (دراسة حالة: انفجار الغاز في قرية سيدولاجو ويدودارين، نجاوي). البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية مالانج. المشرف: (الاول) عبد الباسط، الماجستير (الثاني) أحمد أبطخي، الماجستير

الكلمات الرئيسية: الجغرافية الكهربائية، انفجار البئر، الغاز الاحيائية، نجاوي

البحث عن تحديد تحت السطحية لمناطق انفجار الغاز الاحيائية هو باستخدام الطريقة الجغرافية الكهربائية لقرية سيدولاجو ويدودارين، نجاوي. يهدف هذا البحث لان يحدد توزيع انفجار الغاز الاحيائية في منطقة الدراسة والليثوغرافيا تحت السطحية لمنطقة الدراسة. نوع التكوين هو تكوين وينير. حصلت هذا التكوين باستخدام قياسات على 4 مسارات لتكوين وينير ومعالجة البيانات هي باستخدام برنامج Res2dinv للمقاطع العرضية ثنائية الأبعاد وبرنامج Sketch Up 2017 للنمذجة ثلاثية الأبعاد. نتائج معالجة البيانات هي نمذجة توزيع قيم المقاومة والليثولوجيا تحت سطح لمنطقة الانفجار. يوضح تفسير الطبقة تحت السطحية أنه في المسار 1 حتى 4 يتكون الطبقات من الحجر الرملي البركاني هو المتشابه مع الحجر الصخري البركاني ، الحجر الرملي البركاني هو المتشابه مع الحجر الصخري البركاني والحجر الرملي البركاني هو المتشابه مع الحجر الرملي البركاني. من نتائج الأبحاث الجغرافية الكهربائية ومدعومة ببيانات الحفر في الميدان حصلت قيمة المقاومة العالية على أنها طبقة من الحجر الرملي البركاني المتشابه مع الحجر الصخري البركاني هي كمكان نقل الغاز الاحيائية

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi sumber energi yang melimpah, mulai dari yang tidak dapat diperbarui hingga yang dapat diperbarui. Selama ini Indonesia masih menggunakan gas dan minyak bumi sebagai sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, namun seiring berjalannya waktu kebutuhan konsumsi energi berbanding terbalik dengan ketersediaannya yang semakin menurun. Berdasarkan Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH MIGAS), konsumsi bahan bakar minyak nasional per tahun hingga tahun 2018 mencapai 55 milyar liter. Hal ini menunjukkan betapa tingginya konsumsi gas dan minyak bumi di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat Indonesia, perlu adanya energi alternatif yang menjadi pengganti minyak dan gas bumi.

Salah satu energi alternatif yang berpotensi di Indonesia adalah gas biogenik. Gas biogenik adalah gas metana yang berada pada bawah permukaan bumi yang terperangkap pada sedimen dangkal. Gas biogenik merupakan hasil *dekomposisi* bahan-bahan organik oleh mikroorganisme yang bersifat *anaerobik* yang berada pada temperatur rendah. Gas biogenik biasanya terbentuk di rawa-rawa, sawah, danau air tawar. Penggunaan gas ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar seperti halnya minyak dan gas bumi. Gas biogenik tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti pada umumnya, namun gas ini memiliki keunggulan yaitu tingkat polusi udara yang rendah serta ramah lingkungan karena hasil pembakarannya lebih sedikit menghasilkan gas karbon dioksida jika

dibandingkan dengan jenis bahan bakar hidrokarbon lainnya (Rice dan Claypool, 1981).

Pemafaatan gas biogenik telah diaplikasikan di berbagai negara salah satunya di negara Cina. Negara tersebut telah terlebih dahulu memanfaatkan gas biogenik sejak tahun 1995 tepatnya di muara Sungai *Yangtse*. Gas biogenik digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga dan industri kecil (Astawa dkk, 2007). Pengembangan energi alternatif gas biogenik disana juga didukung dengan infrastruktur pemboran dan pipanisasi secara langsung ditanggung oleh pemerintah Cina.

Pemanfaatan gas biogenik di Indonesia selama ini baru diaplikasikan secara sederhana dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Di daerah Pamekasan, Madura, gas biogenik dimanfaatkan sebagai lampu penerangan jalan desa dan tungku rumah tangga. Potensi gas yang sangat besar ini seharusnya dapat dikembangkan dan dimanfaatkan secara maksimal serta dapat menjangkau masyarakat yang lebih luas lagi.

Di Indonesia potensi gas biogenik tersebar di berbagai daerah. Hasil penelitian di laut dangkal yang dilakukan oleh Pusat Penelitian & Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) indikasi potensi sumber gas biogenik yang terperangkap pada sedimen holosen sangatlah besar (Anesa, 2015). Selain berada pada laut dangkal gas biogenik terbentuk dan berada di rawa-rawa serta persawahan. Belakangan ini muncul fenomena semburan yang diindikasikan gas biogenik, semburan berupa air bercampur pasir setinggi 30 m terjadi pada 6 Agustus 2018. Kejadian tersebut terjadi saat warga melakukan pengeboran sumur untuk mengalir sawah (Gambar 1.1). Kejadian sebelumnya terjadi pada tahun

2014 berupa semburan gas yang muncul di 2 titik yang berdekatan yang berada di desa Sidolaju kecamatan Widodaren kabupaten Ngawi (Gambar 1.2). Temuan lainnya muncul di berbagai daerah di wilayah Ngawi dan sekitarnya.



Gambar 1.1 Semburan gas beserta air dan lumpur pada 6 Agustus 2018 di desa Sidolaju (Sumber : News.detik.com)



Gambar 1.2. Semburan gas beserta api pada tahun 2014 di desa Sidolaju (Sumber : Medcom.id)

Fenomena semburan air dan gas yang terjadi di desa Sidolaju kecamatan Widodaren kabupaten Ngawi mengindikasikan adanya potensi gas biogenik di lokasi tersebut. Berdasarkan peta geologi lembar Ngawi, ia tersusun dari batuan sedimen yang berasal dari Lajur Kendeng, Rembang dan Solo dan memiliki

endapan alluvial berupa lempung, lanau, pasir dan kerikil, dimana gas biogenik dimungkinkan berasosiasi dengan batuan-batuan tersebut. Menurut Kukuh Sudjarmiko, Kepala Badan Energi Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dilansir dari detik.com penyebab fenomena semburan tersebut karena pada lokasi tersebut dimungkinkan terdapat retakan atau patahan yang membuat gas keluar dan mendorong air. Selain itu daerah Ngawi juga memiliki banyak posisi tanah yang *antiklinal*, sehingga dimungkinkan banyak terdapat jebakan gas.

Untuk mengetahui potensi gas biogenik perlu adanya identifikasi bawah permukaan. Salah satu metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari tentang sifat kelistrikan di dalam bumi yang dideteksi dari permukaan bumi. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode geolistrik konfigurasi *Wenner*. Metode ini cocok untuk eksplorasi dangkal dengan kedalaman sekitar 200 m seperti pencairan air tanah, eksplorasi geothermal, penyelidikan arkeologi, pada prinsipnya untuk eksplorasi yang tidak terlalu dalam (Arif, 2016).

Batuan yang mengandung gas biogenik umumnya memiliki resistivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan sekitarnya (Purwasatriya dkk, 2011). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purwasatriya dkk didapatkan informasi bahwa adanya gas biogenik ditemukan di lapisan batuan pasir, sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Tim Muara Kakap dengan menggunakan metode geolistrik juga didapatkan informasi persebaran gas biogenik yang mempunyai pola *vortex* yang jelas. Hal tersebut yang mendasari penelitian mengenai pemetaan persebaran kandungan gas biogenik menggunakan

metode geolistrik. Hasil pengukuran setiap daerah akan berbeda-beda bergantung litologi daerah tersebut. Nilai resistivitas yang didapatkan akan dikorelasikan dengan data geologi daerah penelitian sehingga akan memberikan informasi mengenai keadaan geologi bawah permukaan secara logis pada daerah penelitian.

Identifikasi bawah permukaan yang akan dilakukan merupakan upaya untuk mengetahui apa yang ada di dalam bumi, hal ini berkaitan dengan firman Allah dalam Qur'an Surat Ar- Rahman ayat [55]: 33:

يَمْعَشَرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
فَأَنْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ ﴿٣٣﴾

“Wahai golongan jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka tembuslah. Kamu tidak akan mampu menembusnya kecuali dengan kekuatan.”

Dari ayat tersebut dapat dimaknai bahwa kita dipersilahkan untuk menembus langit dan bumi, namun hal tersebut tidak mampu dilakukan kecuali dengan kekuatan, Menurut Imam Abdul Fida dalam bukunya Tafsir Ibn Katsir, bahwa kekuatan yang dimaksudkan adalah kekuatan yang berasal dari Allah SWT. Melalui kekuatan-Nya, Allah memberikan anugerah kepada manusia berupa akal dan fikiran dan lewat akal serta fikiran manusia terus berfikir sehingga menemukan ilmu pengetahuan, termasuk ilmu pengetahuan dalam hal eksplorasi bawah permukaan bumi dan luar angkasa. Semua itu terjadi semata-mata karena kekuatan dan atas izin Allah.

Berdasarkan uraian di atas maka perlunya dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sebaran indikasi gas biogenik di area penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat luas dan menjadi

kontribusi penulis dalam permasalahan energi di Indonesia yaitu menjadikan gas biogenik sebagai salah satu energi alternatif pengganti minyak dan gas bumi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengidentifikasi indikasi gas biogenik di sekitar semburan di area penelitian berdasarkan nilai resistivitas batuan?
2. Bagaimana keadaan litologi bawah permukaan di area penelitian berdasarkan metode geolistrik resistivitas?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi persebaran indikasi gas biogenik di sekitar semburan di area penelitian berdasarkan nilai resistivitas batuan.
2. Mengetahui keadaan litologi bawah permukaan di area penelitian berdasarkan metode geolistrik resistivitas.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat dalam Bidang Keilmuan

Manfaat dalam bidang keilmuan ini didapatkan peta persebaran indikasi gas biogenik dimana dapat digunakan untuk pengembangan mengenai pemanfaatan energi alternatif. Selain itu dapat dimanfaatkan sebagai informasi serta referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.4.2 Manfaat kepada Masyarakat

Sebagai informasi kepada masyarakat luas untuk mengetahui potensi gas biogenik di daerah sekitar area penelitian.

1.5 Batasan Penelitian

1. Konfigurasi elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah konfigurasi Wenner Alpha.
2. Penelitian ini dilakukan di desa Sidolaju kecamatan Widodaren kabupaten Ngawi.
3. Luas daerah penelitian adalah 76.800 m² dengan panjang 320 m dan lebar 240 m.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Alam

Gas alam adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana dan komponen lainnya. Komponen lain dari gas ini berupa etana, propana, butana, dan komponen pengotor berupa air, hidrogen sulfida, karbon dioksida, dan lainnya dengan jumlah dan jenis yang bervariasi sesuai dengan sumber gas alam (Chandra, 2006).

Penemuan gas alam dapat dijumpai di ladang minyak bumi, gas bumi, serta tambang batu bara. Gas ini juga kaya akan metana dan terdapat di beberapa lokasi yang lain. Ia diproduksi melalui pembusukan oleh bakteri *anaerobik* serta bahan-bahan organik selain dari fosil. Gas ini disebut dengan biogas dan biasanya ditemukan di rawa-rawa, dengan begitu gas alam sering disebut dengan gas rawa (Katz, 2011).

2.1.1 Pemanfaatan Gas Alam di Indonesia

Persediaan gas alam di Indonesia yang begitu melimpah bersamaan dengan kebutuhan energi yang semakin meningkat, maka pemerintah Indonesia telah membuat kebijakan dengan mengeluarkan Peraturan Presiden No 5 tahun 2006 yang berisi tentang pengelolaan energi nasional. Isi peraturannya sebagai berikut:

- a. Menjamin ketersediaan energi domestik.
- b. Meningkatkan nilai tambah sumber energi.
- c. Mengelola energi secara etis dan berkelanjutan termasuk memperhatikan pelestarian fungsi lingkungan.

- d. Menyediakan energi yang terjangkau untuk kaum dhuafa dan suatu daerah yang belum berkembang.
- e. Mengembangkan kemampuan dalam negeri yang meliputi kemampuan pendanaan, teknologi, dan sumber daya manusia dalam rangka menuju kemandirian.
- f. Meningkatkan peran warga negara dalam mengusahakan sumber energi.
- g. Meningkatkan peran energi alternatif.

Berdasarkan peraturan di atas, poin (f) dan (g), bahwa sumber energi alternatif dapat diupayakan oleh seluruh lapisan masyarakat terutama oleh akademisi seperti mahasiswa.

Hal-hal yang berhubungan dengan sumber energi alternatif juga dijelaskan dalam Qur'an Surat Yasin [34]: 80 sebagai berikut :

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

“Yaitu Tuhan yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, maka tiba-tiba kamu nyalakan dari kayu itu.”

Berdasarkan firman di atas bahwa, *“Allah telah menjadikan api dari kayu yang hijau”* memiliki makna yang tersirat bahwasanya kata *“api* ini dapat diartikan sebagai energi potensial dimana dapat dimanfaatkan dan diubah menjadi energi lain, kemudian pada kata *“kayu yang hijau”* bermakna tumbuh-tumbuhan, bahan organik, ataupun tumbuhan yang telah melalui proses selama jutaan tahun yaitu berupa fosil. Pada firman selanjutnya, *“maka tiba-tiba kamu nyalakan dari kayu itu”*, bermakna bahwasanya kayu dapat menyalakan (mengubah menjadi) api (energi panas). Hal ini berintegrasi dengan hukum fisika yaitu hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat

diciptakan maupun dimusnahkan oleh manusia, namun ia dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lain (Vebrianto, 2016).

Tumbuh-tumbuhan merupakan sumber energi yang dapat kita gunakan secara terus menerus. Telah kita ketahui bahwa tumbuh-tumbuhan menghasilkan kayu bakar, ia merupakan sumber energi selama masa peradaban manusia, seperti bahan bakar fosil yang saat ini banyak digunakan, batu bara, minyak dan gas bumi. Keseluruhan bahan bakar fosil tersebut berasal dari bahan organik dari tumbuh-tumbuhan dan makhluk hidup lainnya. Begitu juga dengan gas biogenik juga merupakan sumber energi yang kemudian bisa dimanfaatkan dan diubah menjadi energi alternatif.

Salah satu potensi yang besar di Indonesia adalah gas alam di Indonesia yang tersebar di berbagai daerah dan memiliki komponen yang bervariasi dari daerah satu dengan daerah lain. Sebagian gas yang dihasilkan dari sumur-sumur pada lokasi tertentu sudah berupa gas yang masuk dalam spesifikasi gas alam yang siap untuk dipasarkan. Sementara terdapat jenis gas alam yang masih mengandung pengotor seperti sulfur, karbon dioksida, air dan lain-lain. Jenis gas alam ini belum bisa diterima konsumen untuk digunakan sebagai bahan bakar karena dapat merusak peralatan konsumen dan beracun. Gas alam yang masih mengandung pengotor masih perlu untuk diproses lebih lanjut supaya gas masuk pada spesifikasi yang telah ditentukan, proses ini biasanya dilakukan dalam beberapa tahapan antara lain *sweetening* dan *dehydration* (Kusumadinata, 1998).

Berdasarkan Pemerintah Indonesia Departemen Energi Sumber Daya Mineral (DESDM), pemanfaatan gas alam digunakan untuk memenuhi komitmen ekspor, selain itu digunakan untuk peningkatan produksi minyak

bumi, pembangkit listrik, pabrik pupuk, petrokimia, bahan bakar gas atau LPG (*Liquified Petroleum Gas*), transportasi maupun industri lain. Bahan bakar jenis ini dianggap lebih ramah lingkungan karena lebih bersih dibandingkan dengan BBM (Bahan Bakar Minyak). Tingkatan emisi yang dihasilkan oleh mesin yang menggunakan bahan bakar dan jenis bahan bakarnya berdasarkan DESDM dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Tingkat Emisi Bahan Bakar (Pratama, 2018).

Polutan(Pound/Milyar BTU)	Gas Alam	Minyak	BatuBara
Karbon Dioksida	117	164	208
Karbon Monoksida	40	33	208
Nitrogen Oksida	92	448	457
Sulfur Dioksida	1	1,122	2,591
Partikel	7	84	2,744
Merkuri	0	0,007	0,016

Berdasarkan tabel 2.1 dapat dilihat bahwa tingkat emisi yang dihasilkan oleh setiap bahan bakar berbeda. Bahan bakar gas merupakan bahan bakar yang memiliki emisi yang paling rendah dibandingkan dengan bahan bakar minyak dan batu bara. Selain itu penggunaan bahan bakar gas pada kendaraan juga memberi manfaat bagi masyarakat dan lingkungan. Berikut manfaat-manfaat bahan bakar gas (Pratama, 2018):

- a. Peningkatan keamanan dan kelangsungan energi.
- b. Mengurangi biaya energi.
- c. Mengurangi polusi udara.
- d. Mengurangi emisi gas rumah kaca.

- e. Mengurangi polusi udara hingga 50%.
- f. Peningkatan keselamatan di jalan raya.
- g. Dan lain-lain.

Pemanfaatan gas di Indonesia sebagian besar adalah migas konvensional, sementara potensi cadangan migas nonkonvensional di Indonesia juga sangat besar. Cadangan gas metana batubara dan gas biogenik yang ada di Indonesia ada 453 tcf (*trillion cubic feet*) dan cadangan *shale gas* mencapai 575 Tcf. Potensi ini lebih besar dibandingkan cadangan gas konvensional yang hanya 170 Tcf (Christofel, 2014).

Proses dari pembentukan dari gas alam itu sendiri ada 3 proses, yaitu termogenik, abiogenik, dan biogenik. Proses termogenik adalah proses pembentukan gas alam yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme yang terurai karena faktor suhu dan tekanan yang tinggi. Secara abiogenik proses pembentukan gas terjadi karena adanya reaksi antara H_2 dan C dengan batuan alkali yang ada di dalam perut bumi. Proses biogenik merupakan tahap pembentukan gas disebabkan oleh adanya proses *dekomposisi* bahan organik oleh mikroorganisme (Purwono, 2008).

2.1.2 Gas Biogenik

Gas alam dalam akumulasi komersial dibentuk oleh bahan organik yang dihasilkan dari 3 proses yang berbeda. Pertama, pada kedalaman yang dangkal serta suhu yang rendah. Gas yang kaya metana ini dihasilkan oleh *dekomposisi* bahan organik oleh mikroorganisme yang disebut gas biogenik. Sebaliknya yang kedua yaitu gas termogenik, gas yang dihasilkan dari bahan organik oleh *degradasi* termal dan proses perekahan yang terjadi pada suhu yang lebih tinggi

dan durasi pemanasan yang diperpanjang. Sebagian besar gas yang dihasilkan dari ladang minyak dan yang terakhir yaitu gas abiogenik. Gas ini adalah gas yang berasal dari anorganik terdahulu di bumi yang dalam serta bukan menjadi kontributor utama akumulasi gas komersil (Rice, 1993).

Gas biogenik adalah gas metana yang merupakan hasil dari pembusukan (*dekomposisi*) beberapa bahan organik oleh mikroorganisme *anaerobik* yang berada pada temperatur rendah. Gas ini terperangkap pada sedimen yang belum matang (*immature*) dan relatif dangkal. Keberadaan gas ini terbentuk di beberapa tempat antara lain di rawa-rawa sawah, danau, air tawar yang *anoxic*, teluk sub litoral hingga laut dan terdapat 20% dari gas alam di dunia (Rice dan Claypool, 1981).

Gas biogenik merupakan gas hidrokarbon yang memiliki rantai karbon paling pendek sehingga ia termasuk gas yang paling ringan. Selain itu ia tidak memiliki bau serta bersifat mudah terbakar. Gas biogenik pada umumnya sering disebut dengan gas rawa, hal ini karena kebanyakan gas biogenik muncul di sekitar rawa rawa, (Rice dan Claypool, 1981).

Beberapa gas biogenik juga dihasilkan dalam waktu geologis yang relatif baru dan dikaitkan dengan aliran air tanah. Akumulasi gas biogenik telah ditemukan di negara Afrika, Asia, Eropa, Amerika Utara, Amerika Selatan. Mereka terkait dengan berbagai jenis batuan (karbonat, klastik, dan batu bara) (Rice, 1993).

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk menghasilkan gas biogenik dalam jumlah yang signifikan adalah sebagai berikut (Rice, 1993):

- a. Lingkungan *anoxic*: lingkungan dimana tanpa oksigen yang seringkali terdapat di rawa-rawa daerah tropis atau pada permukaan tertentu suatu perairan.
- b. Lingkungan rendah sulfat: lingkungan air tawar, *metanogenesis*nya umumnya muncul setelah oksigen habis.
- c. Suhu rendah: pertumbuhan bakteri metanogenik berkisar pada suhu $>25^{\circ}\text{C}$. Suhu optimalnya berkisar pada suhu 35 sampai 45°C , dimana tepat di bawah suhu termogenik dimulai.
- d. Bahan organik melimpah: bahan organik umumnya terkonsentrasi dalam sedimen berbutir halus.
- e. Jenis dan keadaan bahan organik: gas biogenik dihasilkan dari bahan organik yang kaya akan oksigen, karena jenis bahan ini tersedia di habitat yang menguntungkan dan menjadi akumulasi gas biogenik.
- f. Ruang pori: metanogen memerlukan ruang pori (sediment berbutir halus), mikroba biasanya tidak dapat bertahan hidup dalam serpih yang sepenuhnya dipadatkan dan dihancurkan pada kedalaman 2 km, namun fraktur pada butiran halus, batuan kaya organik dapat memberikan ruang untuk operasi mikroba. Hal ini berbeda dengan batuan berbutir kasar, seperti batupasir memiliki pori yang lebih besar dan *metanogen* dapat bertahan di dalamnya pada kedalaman yang lebih besar jika tersedia karbon dioksida.
- g. Tingkat *Sedimentedeposisi*: tingkat pengendapan sedimen adalah faktor penting akumulasi gas biogenik. Jika endapan terlalu rendah, bahan organik dideformasi oleh oksidasi dan setiap gas biogenik yang dihasilkan hilang ke

atmosfer. Sebaliknya, jika laju pengendapan terlalu tinggi, bahan organik dapat dipertahankan.

Akumulasi gas biogenik tidak hanya bergantung pada pembentukan jumlah gas yang signifikan, namun juga pada jebakannya. Pada umumnya jebakan gas biogenik terdapat pada kedalaman yang relatif dangkal. Faktor lain yang mempengaruhi keberadaan gas biogenik yaitu struktur awal dan perangkap stratigrafi serta permeabilitas yang rendah (Rice, 1993).

a. Struktur awal dan Perangkap stratigrafi

Gas biogenik dihasilkan pada pembentukan struktur awal atau perangkap stratigrafi sangat penting untuk jebakan. Perangkap stratigrafi yang diciptakan oleh perubahan *fasies lateral* yang tiba-tiba, seperti penumpukan karbonat adalah perangkap yang baik untuk gas biogenik. Selain itu struktur awal seperti perubahan akibat pembebanan sedimen yang cepat pada saat pengendapan, seperti di Delta Prograding dapat membantu dalam jebakan gas biogenik. Batuan yang paling efektif sebagai *caprock* adalah batuan garam, *anhidrida*, klastik berbutir halus, serta batuan yang kaya organik.

b. Permeabilitasnya rendah

Reservoir permeabilitas rendah biasanya pada kedalaman yang cukup dimana proses *diagenetik* menghasilkan pengurangan porositas. Pada kedalaman yang dangkal, dan di zona akumulasi, permeabilitas yang rendah biasanya merupakan hasil dari ukuran butir kecil saat pengendapan, seperti di lanau, kapur, dan batubara.

2.1.2.1 Kedalaman dan Waktu Generasi Gas Biogenik

Gas biogenik dapat dihasilkan melalui 2 tahap yang berbeda yaitu tahap awal dan akhir. Gas biogenik terbentuk pada awal, memiliki kedalamannya kurang dari 1 km. Pada generasi awal ini merupakan sedimen muda dan pengendapan yang cepat. Selama waktu tersebut, ruang yang tersedia dalam sedimen organik berbutir halus yang kaya akan mikroba untuk melakukan proses *methanogenesis*. Bahan organik muda ini yang relatif dangkal sangat mudah terurai oleh mikroorganisme.

Pada generasi gas biogenik tahap akhir, terjadi di pangkalan batubara. Selain itu pembentukan gas biogenik tahap akhir dapat terjadi pada jenis batuan kaya organik lainnya yang berfungsi sebagai akuifer karena permeabilitasnya yang tinggi. Seperti sampel yang di ambil dari pliosen dan lempung kuartar, lumpur, dan pasir pada kedalaman 29 hingga 135 m (Colosomi, 2016).

2.1.2.2 Karakteristik Gas Biogenik

Gas biogenik merupakan hidrokarbon yang berat dan sejarah yang rumit, dimana menjadi produk dari aktivitas mikroba pada kedalaman dangkal dan proses termal suhu rendah pada kedalaman yang lebih besar. Gas biogenik ini dapat dikaitkan dengan jumlah yang lebih berat dari gas hidrokarbon lainnya, karena migrasi dan pencampuran hidrokarbon termogenik dari interval yang lebih dalam, lebih matang secara termal (Rice, 1993).

Gas biogenik dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, dengan makin menipisnya cadangan minyak dan gas bumi, energi alternatif ini dapat digunakan sebagai pengganti minyak dan gas bumi. Hal ini cukup menjanjikan

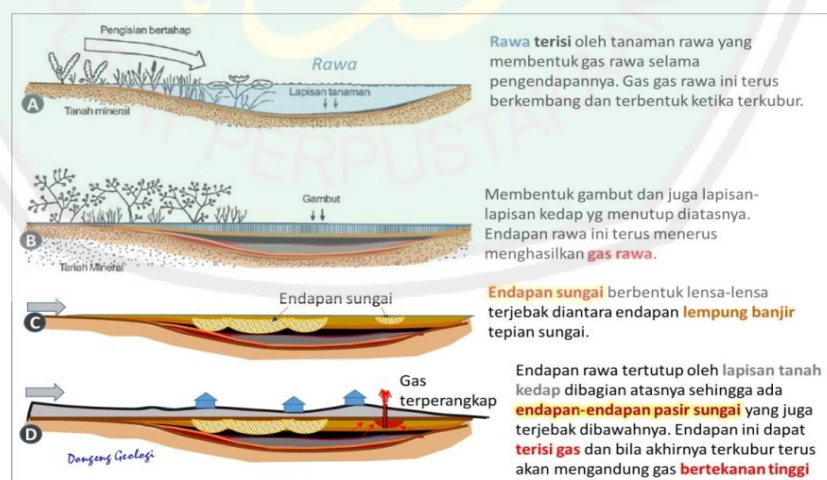
karena di negara seperti Cina, energi gas biogenik yang terdapat di muara Sungai *Yangtse* sudah dimanfaatkan oleh masyarakat (Qilun, 1995).

2.1.2.3 Proses Terbentuknya dan Terperangkapnya Gas Biogenik

Terbentuknya gas biogenik dapat terjadi dari 3 proses, yaitu (Schoell, 1983) :

- Fermentasi bakteri *annaerob* yang berada pada sampah, kotoran ternak serta sejenisnya. Gas tersebut dihasilkan oleh adanya proses biogas metana atau gas biomasa.
- Fermentasi bakteri asetat yang berada pada lapisan sedimen dimana kaya akan zat organik atau sering disebut dengan *gas charged sediment*
- Proses reduksi karbon dioksida oleh batuan vulkanik maupun magmatik yang terjadi secara kimiawi.

Semburan seringkali disebabkan oleh terperangkapnya gas metana atau gas rawa pada jebakan-jebakan batupasir yang terperangkap secara lokal. Terbentuk dan terperangkapnya gas ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Terperangkapnya Gas Biogenik (Sumber: Geomazz, 2012)

Secara skematis di atas digambarkan bagaimana pada tahap awal terperangkapnya gas biogenik, yaitu terdapat rawa ataupun danau kecil yang disekitarnya terisi tumbuhan-tumbuhan, dimana bila tumbuhan tersebut membusuk akan menghasilkan gas rawa. Gas biogenik ini merupakan hasil aktivitas organisme dimana di atas lapisan endapan rawa yang menjadi sumber bahan untuk membentuk gas rawa ini dapat tertutup oleh endapan sungai yang dapat berupa gosong-gosong pasir dan dilingkupi oleh endapan lempung halus yang kedap air dan kedap udara. Volume gas rawa yang terperangkap ini memang seringkali tidak terlampaui banyak, secara volumetrik kecil untuk menghasilkan gas yang ekonomis ditambah, namun cukup besar dan sangat mengganggu bila menyembur nantinya. Pengeboran sumur yang dangkalpun bila menembus lapisan pasir yang mengandung gas ini dapat terdorong terpental karena tingginya tekanan gas seperti yang terjadi di daerah penelitian (Setiawan, 2014).

2.2 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi serta bagaimana cara mendeteksinya di atas permukaan bumi. Pengukuran berupa pengukuran potensial serta pengukuran arus yang terjadi secara alami ataupun diinjeksikan arus ke dalam bumi. Dalam hal ini metode geolistrik memiliki beberapa macam metode, salah satunya yaitu metode geolistrik resistivitas (Hendrajaya, 1990).

Metode geolistrik pada prinsipnya menggunakan aliran listrik untuk menyelidiki struktur bawah permukaan bumi. Aliran listrik tersebut kemudian mengalir ke dalam tanah melalui batuan-batuan yang dipengaruhi oleh air tanah,

garam, dan gas di dalam batuan serta hadirnya mineral logam dengan begitu metode geolistrik dapat digunakan pada penyelidikan gas seperti gas biogenik. Berdasarkan asal sumber arus listrik yang digunakan, metode resistivitas dapat dikelompokkan dalam 2 jenis yaitu (Telford dkk, 1990):

a. Metode pasif

Metode pasif merupakan metode dengan menggunakan arus listrik alami yang terjadi di dalam tanah (batuan) yang timbul akibat adanya aktivitas elektrokimia dan elektromekanik serta materi-materi penyusun batuan. Metode yang termasuk pasif ini meliputi, metode *Self Potential*, dan *Magneto Teluric* (MT).

b. Metode aktif

Pada metode aktif ini arus listrik tidak terjadi secara alami, melainkan arus listrik diinjeksikan (dialirkan) ke dalam batuan, lalu efek potensialnya yang ditimbulkan oleh arus batuan tersebut diukur di permukaan. Metode yang termasuk dalam kategori ini adalah metode resistivitas dan *Induced Polarization* (IP).

Sifat-sifat kelistrikan pada batuan dibagi atas beberapa jenis, yaitu tahanan jenis (*resistivity*) dan polarisasi. Tahanan jenis merupakan hambatan dari batuan terhadap aliran arus listrik yang diinjeksikan, sementara polarisasi adalah kemampuan batuan untuk menciptakan atau menyimpan sementara energi listrik, umumnya lewat proses elektrokimia (Hakim dkk, 2017).

2.2.1 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode geolistrik yang bertujuan untuk mempelajari sifat resistivitas dari lapisan batuan yang berada di

bawah permukaan bumi. Pada metode ini akan didapatkan variasi resistivitas suatu lapisan batuan yang menjadi bahan penyelidikan di bawah titik ukur (Vebrianto, 2016).

Prinsip metode ini, yaitu menginjeksikan arus pada dua elektroda arus dan mengukur beda potensial yang ditimbulkan pada titik dipermukaan bumi dengan dua elektroda potensial. Beda potensial yang terukur bergantung pada resistivitas batuan yang dilewati (Gasperikova dkk, 2012). Metode resistivitas sangat berkaitan dengan Hukum Ohm, dimana hukum ini dipresentasikan oleh George Simon Ohm, salah satu Fisikawan Jerman. Hukum ini dirumuskan sebagai berikut (Telford dkk, 1990):

$$V = I R \quad (2.1)$$

Dimana V adalah potensial listrik, I adalah kuat arus yang dapat menembus permukaan ekuipotensial tertentu di dalam bahan, dan R adalah hambatan atau resistansi. Jadi hambatan dapat didefinisikan sebagai rasio V terhadap I . Metode geolistrik ini merupakan metode yang banyak sekali digunakan dan hasilnya cukup baik untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan (Simpson, 2015).

Metode ini lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang bersifat dangkal, hal ini disebabkan karena informasi dari lapisan yang berada pada kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki jarang diperoleh (Arif, 2016). Umumnya metode ini hanya baik untuk kedalaman maksimal sekitar 200 m. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut maka informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini karena dengan bentangan yang besar dengan maksud mendapatkan penetrasi kedalaman di atas 200 m, maka arus yang mengalir akan

semakin lemah dan tidak stabil akibat perubahan bentangan yang semakin besar (Simpén, 2015).

2.2.2 Konduktivitas Listrik

Setiap benda dipastikan memiliki sifat fisika, dimana dalam metode geolistrik memanfaatkan sifat fisika pada batuan yaitu kelistrikan. Sifat kelistrikan pada batuan berkaitan dengan metode geolistrik untuk mengetahui kondisi bawah tanah. Berdasarkan sifat tersebut suatu batuan atau anomali di bawah permukaan bumi dapat dipelajari. Aliran arus listrik pada suatu batuan dibedakan menjadi 3 macam, yaitu konduksi secara elektronik, elektrolitik dan secara dielektrik.

- a. Konduksi secara elektronik: konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas, sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut.
- b. Konduksi secara elektrolitik: sebagian besar batuan merupakan penghantar yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Batuan-batuan tersebut menjadi penghantar elektrolitik, dimana konduksi arus listrik dibawa ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitasnya akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.
- c. Konduksi secara dielektrik: konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik artinya batuan atau mineral tersebut

mempunyai elektron bebas yang sedikit bahkan tidak ada sama sekali, tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi.

Berdasarkan nilai resistivitasnya, nilai konduktivitas dapat digolongkan sebagai berikut (Greenhouse & Pehme, 2001):

Tabel 2.2 Tabel Konduktivitas

Kategori	Resistivitas (Ohmmeter)
Konduktor baik	$1 \times 10^{-8} < \rho \leq 1$
Konduktor buruk	$1 < \rho \leq 1 \times 10^7$
Isolator	$\rho > 1 \times 10^7$

Sementara konduktivitas erat hubungannya dengan resistivitas. Resistivitas adalah hambatan listrik dari bahan konduktor. Nilai konduktivitas selalu berbanding terbalik dengan resistivitas, berikut tabel resistivitas batuan (Telford dkk, 1990):

Tabel 2.3 Tabel Resistivitas

Jenis Bahan	Resistivitas (Ohmmeter)
Lempung	1 – 100
Lanau	10 – 200
Batu lumpur	3 – 70
Kuarsa	$10 - 2 \times 10^8$
Batupasir	50 – 500
Batu Kapur	100 – 500
Lava	$100 - 5 \times 10^4$
Air meteorik	30 – 100

Air Permukaan	10 – 100
Air tanah	0.5 – 300
Air laut	0.2
Breksi	75 – 200
Batu Andesit	100 – 200
Tufa Vulkanik	20 – 100
Batu konglomerat	$2 \times 10^3 - 1 \times 10^4$
Batu Basal	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$
Batu Granit	$5 \times 10^3 - 1 \times 10^4$
Batu Sabak	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Batu Marmer	$1 \times 10^2 - 2.5 \times 10^8$
Batu bara bituminous	$0.6 - 1 \times 10^5$
Antrasit	$1 \times 10^{-3} - 2 \times 10^4$
Lignit	9 – 200
Serpih	$20 - 2 \times 10^3$
Besi	9.074×10^{-8}
Sulfur kering	1×10^{14}
Pelat gelas	2×10^{11}
Magnetit	6×10^{-3}
Alumunium	2.83×10^{-8}
Tembaga	1.72×10^{-8}
Perak	5.9×10^{-8}
Platina	10.6×10^{-8}

Baja	4×10^{-7}
Mangan	4.4×10^{-7}
Nikrom	1.2×10^{-6}
Karbon	$10 - 10^{14}$
Wolfram	5.5×10^{-5}

2.2.3 Konfigurasi Elektroda

Telah disebutkan di atas bahwa metode aktif dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi, maka metode ini memerlukan suatu konfigurasi elektroda. Konfigurasi elektroda adalah aturan-aturan penempatan atau peletakan elektroda arus dan potensial sehingga mendapatkan pola tertentu sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Elektroda diletakkan dalam satu lintasan yang lurus dan simetris supaya hubungan antara konfigurasi yang dipilih dan faktor geometri dapat digunakan. Pada setiap konfigurasi elektroda memiliki faktor geometri tertentu sesuai dengan tahap-tahap pengambilan informasi pada titik ukur. Faktor koreksi geometri memiliki fungsi supaya variasi resistivitas yang diperoleh di lapangan dapat mendekati kebenaran.

Pada konfigurasi elektroda, penamaan pada elektroda arus dikenal dengan *electrode current*, atau sering dilambangkan dengan huruf C. Sementara penamaan pada elektroda potensial disebut dengan *electrode voltage* yang sering dilambangkan dengan huruf V. Pada metode geolistrik aktif ini, jumlah elektroda arus dan potensial minimal masing-masing satu buah (Vebrianto, 2016).

Konfigurasi elektroda dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan meliputi topografi dan luas lapangan. Adapun konfigurasi elektroda yang umum

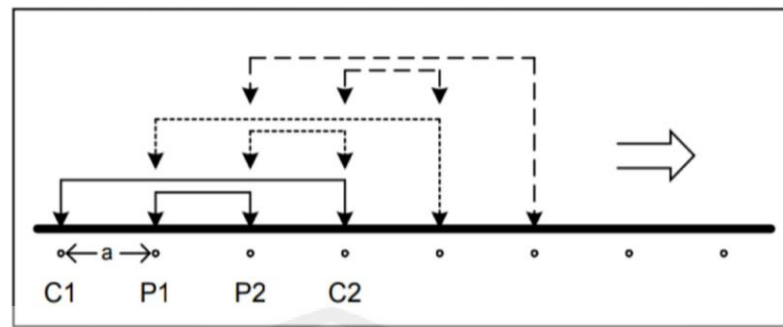
digunakan adalah konfigurasi Wenner Alpha, Wenner Beta, Wenner Gamma, Schlumberger, Wenner Schlumberger, Pole-pole, Pole-Dipole dan Dipole-Dipole, namun menurut (Burger, 1992) dalam survei resistivitas yang sering digunakan adalah Konfigurasi Wenner, Schlumberger dan Dipole-dipole.

Penggunaan konfigurasi elektroda memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Jangkauan kedalaman setiap elektroda juga berbeda-beda tergantung pada penetrasi arus listrik dan voltmeter yang digunakan. Semakin lebar jarak antar elektroda menunjukkan semakin dalamnya titik ukur yang mampu dicapai oleh instrumen geolistrik tersebut (Vebrianto, 2016).

2.2.3.1 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi elektroda dalam metode geolistrik, konfigurasi ini memiliki 3 jenis, yaitu konfigurasi Wenner Alpha, Beta, dan Gamma. Penggunaan konfigurasi Wenner Alpha lebih sering digunakan oleh pelaku geolistrik di lapangan. Pada konfigurasi ini spasi antar elektroda adalah sama.

Prinsip kerja dari konfigurasi Wenner ini adalah menggeser seluruh elektroda sepanjang lintasan dengan spasi tetap. Target kedalaman yang dapat dijangkau dari konfigurasi ini adalah $\frac{a}{2}$ (Florsch, 2018). Titik pengukuran dari konfigurasi Wenner Alpha berada di antara elektroda potensial yang pertama dan elektroda potensial yang kedua. Berikut pengaturan konfigurasi Wenner Alpha, seperti pada Gambar 2.2 (Telford dkk, 1990).



Gambar 2.2 Penataan Konfigurasi Wenner Alpha (Sumber: Researchgate.net)

Pada Gambar 2.2. disajikan skema akuisisi data secara *lateral mapping* menggunakan konfigurasi Wenner. Untuk group pertama ($n=1$), dibuat bernilai a . Setelah pengukuran pertama dilakukan, elektroda selanjutnya digeser ke kanan sejauh a (C1 dipindah ke P1, P1 dipindah ke P2, dan P2 ke C2) sampai jarak maksimum yang diinginkan.

Konfigurasi Wenner merupakan konfigurasi yang paling cocok untuk akuisisi data yang bersifat *mapping* karena konfigurasi Wenner memiliki resolusi vertikal yang bagus, sensitivitas terhadap perubahan lateral yang tinggi tapi lemah terhadap penetrasi arus terhadap ke dalam (Hakim, dkk. 2017). Konfigurasi ini memiliki ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda potensial dalam angka yang besar, namun konfigurasi ini tidak dapat mendeteksi homogenitas suatu batuan yang berada di dekat permukaan tanah yang bisa membuat data perhitungan menyimpang dari nilai sebenarnya. konfigurasi Wenner Alpha juga mampu menggambarkan kemampuan untuk konfigurasi Wenner Beta dan Gamma (Vebrianto, 2016).

2.2.4 Faktor Koreksi Geometri

Pada pengukuran metode geolistrik sifat homogen batuan menjadi syarat pada pengukuran, namun setiap batuan bersifat heterogen dimana batuan

memiliki karakter tersendiri dalam meneruskan arus listrik yang melewatinya. Sifat homogen batuan yang berada dekat dengan permukaan perlu diperhatikan karena sangat berpengaruh pada hasil pengukuran.

Penyebab ketidakseragaman batuan adalah fragmen-fragmen batuan lain yang tersisip dengan tidak seragam seperti bahan-bahan anorganik yang terkandung, genangan air di permukaan dan lain sebagainya. Terdapat berbagai macam konfigurasi pada metode geolistrik yang memiliki pengaruh pada perumusan faktor koreksi geometri. Faktor ini muncul akibat pola perpindahan dan tata letak elektroda potensial dan elektroda arus.

Masing-masing konfigurasi memenuhi persamaan faktor koreksi geometri yang sama. Beberapa terdapat perbedaan saat pengukuran. Nilai faktor geometri ini mengikuti pola dari persebaran elektroda. Berdasarkan tata cara pengambilan dan penataan elektroda dan hubungannya dengan kondisi bawah permukaan bumi, faktor koreksi geometri pada konfigurasi Wenner adalah sebagai berikut (Vebrianto, 2016):

$$\begin{aligned}
 K &= 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \\
 &= 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) \right\}^{-1} \\
 K &= 2\pi a
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Dengan a adalah jarak antar masing-masing elektroda dan 2π adalah konstanta. Besarnya nilai potensial berbanding terbalik dengan jari-jari ekuipotensial. Jarak antara elektroda arus dan potensial a mempengaruhi besarnya beda potensial yang terukur. Semakin besar jarak elektroda maka jari-

jari bidang ekuipotensial juga semakin besar, sehingga potensial yang ditimbulkan akan semakin mengecil. Hal tersebut seperti pada persamaan di bawah ini (Vebrianto, 2016):

$$V_{P_1} = \frac{A_1}{r} \quad (2.3)$$

$$V_{P_2} = \frac{A_2}{r} \quad (2.4)$$

2.2.5 Resistivitas Semu

Kemampuan bahan untuk menahan arus listrik yang mengalir melalui sebuah penampang dapat ditunjukkan dari nilai hambatan listriknya disimbolkan dengan R , dan berhubungan dengan parameter-parameter berikut (Effendi dkk, 2007) :

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.5)$$

Dimana ρ adalah resistivitas bahan, L adalah panjang bahan serta A adalah luas penampang. Dengan mensubstitusikan persamaan (2.1) ke dalam persamaan (2.5) maka didapatkan persamaan resistivitas sebagai berikut :

$$\rho = \frac{A \Delta V}{L I} \quad (2.6)$$

Persamaan di atas digunakan untuk material yang bersifat homogen. Resistivitas semu merupakan hasil pengukuran metode geolistrik resistivitas pada suatu medium berupa lapisan batuan di dalam bumi yang dianggap homogen di bawah permukaan tanah yang dipengaruhi oleh konfigurasi elektroda (Wulandari, 2015). Pada faktanya, bumi ini tidak bersifat homogen isotropik sebab bumi tersusun dari lapisan-lapisan batuan yang beragam. Pada

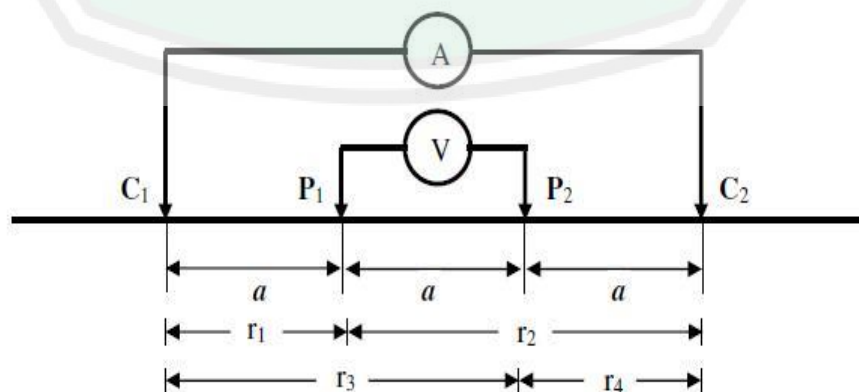
tanah yang homogan dan penyusunan elektroda yang berubah-ubah, resistivitas ρ sebagai parameter petrofisis yang relevan dapat dihitung dari arus (I) dan beda potensial (ΔV) yaitu (Vebrianto, 2016):

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$

Dengan ρ_a adalah nilai resistivitas semu, ΔV adalah beda potensial pada elektroda potensial ganda dan I adalah arus listrik. Nilai beda potensial dan arus listrik diketahui dengan pengukuran yang ditunjukkan oleh elektroda, sementara K adalah faktor koreksi geometri yang bergantung pada konfigurasi yang digunakan. Dengan faktor geometri dari konfigurasi Wenner Alpha yaitu $2\pi a$ pada persamaan (2.7) Jadi persamaan resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner adalah :

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.8)$$

Pada konfigurasi Wenner, $\rho_a = \rho_1$ atau $\rho_a \approx \rho_1$ pada saat spasi elektroda kecil. Semakin besar spasi elektroda maka arus akan menembus medium yang lebih dalam dan densitas arus akan mempengaruhi nilai ρ_2 , sehingga resistivitas semu ρ_a lebih besar dari ρ_1 namun kurang dari ρ_2 (Burger, 1992).



Gambar 2.2 Konfigurasi Wenner

Dalam menentukan potensial pada titik P_1 dan C_1 dipermukaan dengan anggapan udara memiliki nilai resistivitas tak terhingga, $k_{1,0} = 1$, maka didapatkan (Burger, 1992):

$$V_{P_1} = \frac{\rho_1 i}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right) + \left(\frac{1}{r_2} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right) \right\} \quad (2.9)$$

$$V_{P_2} = \frac{\rho_1 i}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_3} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right) + \left(\frac{1}{r_4} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right) \right\} \quad (2.10)$$

Persamaan (2.10) menyatakan bahwa nilai potensial pada P_1 bergantung pada sumber C_1 dengan spasi a dengan analogi yang sama untuk spasi elektroda C_1 ke P_2 adalah $2a$, maka persamaan beda potensialnya adalah (Burger, 1992):

$$\Delta V = V_{P_1} - V_{P_2} = \frac{\rho_1 i}{2\pi r} \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (2.11)$$

Dengan memperhitungkan kontribusi C_2 , maka diperoleh persamaan resistivitas semu sebagai berikut (Burger, 1992):

$$\rho_a = \left(\frac{2\pi a}{i} \right) \left\{ \frac{\rho_1 i}{2\pi r} \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \right\} \quad (2.12)$$

$$\rho_a = \rho_1 \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{nz}{r} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \right\} \dots\dots\dots (2.13)$$

Persamaan di atas merupakan solusi kuantitatif untuk satu bidang batas.

Dengan ρ_a adalah resistivitas semu ρ_1 adalah lapisan permukaan, $k_{1,2}^n$ adalah koefisien refleksi, n adalah jumlah perubahan spasi, a adalah spasi elektroda, dan z adalah kedalaman.

Nilai K dimasukkan dalam resistivitas semu supaya hasil pengukuran mendekati nilai kebenaran serta model bawah permukaan bumi mendekati bentuk aslinya. Akuisisi data yang didapat adalah nilai resistivitas semu, terutama bagian yang dekat dengan permukaan. Terdapat suatu metode yang dilakukan untuk mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya dari data yang sudah terkumpul. Metode yang digunakan yaitu dengan cara pemodelan resistivitas dengan pengolahan data dari metode inversi. Metode inversi ini mampu menampilkan nilai resistivitas yang sebenarnya pada suatu grafik ataupun *software*.

Dalam penelitian ini metode geolistrik dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan di bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya gas biogenik pada kedalaman tertentu. Gas memiliki resistivitas yang sangat tinggi, sehingga batuan yang mengandung gas akan memberikan respon yang berbeda dan kontras terhadap batuan lain disekitarnya (Purwasatriya dkk, 2011).

Pemilihan metode geolistrik resistivitas untuk mendeteksi keberadaan gas biogenik dilakukan berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Eko bayu pada tahun 2011

didapatkan informasi bahwa adanya gas biogenik ditemukan di lapisan lempung. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Tim Muara Kakap, dengan menggunakan metode geolistrik juga didapatkan informasi persebaran gas biogenik yang mempunyai pola *vortex* yang jelas. Pada penelitian yang telah dilakukan nilai resistivitas gas selalu lebih tinggi dari nilai resistivitas batuan di daerah penelitian (Purwasatriya dkk, 2011). Pada hasil penelitian-penelitian tersebut menjadi acuan bahwa metode geolistrik tahanan jenis efektif untuk mendeteksi sistem rembesan maupun semburan gas.

Pada pengukuran resistivitas batuan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti homogenitas batuan, kandungan air, porositas, permeabilitas, dan kandungan mineral. Hasil pengukuran setiap daerah akan berbeda-beda, kemudian nilai resistivitas yang didapatkan akan dikorelasikan dengan pengetahuan geologi sehingga akan memberikan informasi mengenai keadaan geologi bawah permukaan secara logis pada daerah penelitian (Hakim dkk, 2017).

2.2.6 Pemodelan Data Geofisika

Pemodelan data geofisika terdiri dari dua pemodelan, yaitu pemodelan ke depan (*forward*) dan pemodelan inversi. Pemodelan ini dilakukan untuk menggambarkan data geofisika berdasarkan fungsi matematis yang berhubungan dengan struktur dan sifat fisika bumi.

Pemodelan ke depan adalah pemodelan yang dilakukan untuk menghitung respon (data) pengukuran jika sifat dan struktur geologi. Untuk metode resistivitas, pemodelan *forward* digunakan untuk menggambarkan nilai potensial

pada tiap titik sebagai fungsi konduktivitas, geometri dan arus listrik. Jika data dan model masing-masing dinyatakan oleh vektor berikut (Oldenburg, 1998).

$$d = [d_1, d_2, d_3 \dots d_N]^T ; m = [m_1, m_2, m_3 \dots m_N]^T \quad (2.14)$$

Maka secara umum hubungan antara data dan model dapat dinyatakan oleh:

$$d = G m \quad (2.15)$$

Dimana G merupakan fungsi pemodelan ke depan yang memetakan model menjadi besaran dalam domain data. N adalah jumlah data dan M adalah jumlah parameter model. T menyatakan transposisi karena besaran dengan beberapa komponen tersebut umumnya dinyatakan dalam matriks kolom.

Untuk kasus dimana fungsi yang menghubungkan data dengan parameter model adalah suatu fungsi linier, maka persamaan (2.15) dapat dinyatakan oleh:

$$d = G m \text{ atau } \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{1M} \\ G_{21} & G_{22} & G_{2M} \\ G_{N1} & G_{N2} & G_{NM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_N \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Dimana G adalah matriks ($N \times M$) yang sering disebut sebagai matriks Kernel, yang juga berfungsi untuk menghitung respon (data) dari suatu model. Parameter model m tidak dapat diperoleh dengan melakukan inversi matriks G , karena matriks kernel ini bukan matriks bujursangkar.

Pemodelan inversi adalah pemodelan yang dilakukan untuk merekonstruksi model bumi (distribusi parameter fisika) berdasarkan data hasil pengukuran. Pemodelan inversi dapat dilakukan jika terlebih dahulu telah dibuat pemodelan kedepannya (Oldenburg, 1998).

Perkalian matriks pada persamaan (2.16) dapat dinyatakan dalam bentuk komponen-komponennya menggunakan notasi :

$$d_i = \sum_{j=i}^M G_{ij} m_j; i = 1, 2, \dots, N \quad (2.17)$$

Penyelesaian permasalahan inversi adalah memperkirakan parameter model m yang memiliki respon (data terhitung) cocok dengan data lapangan, untuk itu kriteria jumlah kuadrat kesalahan terkecil (*least square*) diterapkan untuk memperoleh solusi atau model m .

2.3 Tinjauan Daerah Penelitian



Gambar 2.3 Lokasi Daerah Penelitian (Datun dkk, 1985)

Kabupaten Ngawi terletak di wilayah barat Provinsi Jawa Timur yang berbatasan langsung dengan Provinsi Jawa Tengah. Luas wilayah Kabupaten Ngawi adalah 1.298,58 km², di mana sekitar 40 % atau sekitar 506,6 km² berupa lahan sawah. Secara geografis Kabupaten Ngawi terletak pada posisi 7°21' - 7°31' LS dan 110°10' - 111°40' BT. Topografi wilayah ini adalah berupa dataran tinggi dan tanah datar. Kabupaten Ngawi berbatasan dengan Kabupaten Grobogan,

Kabupaten Blora dimana keduanya termasuk wilayah Provinsi Jawa Tengah, dan Kabupaten Bojonegoro di bagian utara, Kabupaten Madiun di timur, Kabupaten Magetan dan Kabupaten Madiun selatan, serta Kabupaten Sragen (Jawa Tengah) di bagian barat. Bagian utara merupakan perbukitan, bagian dari Pegunungan Kendeng. Bagian barat daya adalah kawasan pegunungan, bagian dari sistem Gunung Lawu.

Kabupaten Ngawi memiliki potensi sumber daya yang melimpah. Daerah Ngawi ditemukan fosil Trinil, dimana ia adalah situs *paleoantropologi* di Indonesia. Tempat ini terletak di desa Kawu kecamatan Kedunggalar kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Trinil merupakan kawasan di lembah Bengawan Solo yang menjadi hunian kehidupan purba, tepatnya zaman Plistosen tengah, sekitar satu juta tahun lalu.

2.3.1 Geomorfologi

Secara geomorfologi (Daton dkk, 1985), Lembar Ngawi terbagi atas 6 kesatuan yaitu lereng Gunung Lawu, dataran vulkanik Sragen-Ngawi, Perbukitan Kendeng, Perbukitan Blora-Cepu serta dataran Aluvium Radublatung. Lereng Gunung Lawu, terletak di bagian selatan lembar. Ketinggian daerah ini berkisar antara 80-500 m, makin ke arah selatan makin meninggi, daerah ini ditempati endapan Gunung Lawu muda.

Dataran vulkanik Sragen-Ngawi, terletak di antara kaki lereng terbawah Gunung Lawu dan Bengawan Solo. Dataran ini memanjang dari Sragen di bagian barat sampai Ngawi di bagian timur. Beberapa daerah di bagian selatan, medan agak menggelombang. Daerah ini ditempati oleh endapan vulkanik Gunung Lawu dan endapan Bengawan Solo beserta anak sungainya.

Dataran alluvium Ngawi-Madiun, menempati bagian pojok tengah Lembar Ngawi. Bahannya berupa alluvium di bagian hilir aliran K. Madiun, yang bermuara di Bengawan Solo di Selatan Ngawi. Dataran ini yang terletak pada ketinggian 45-55 m di atas muka laut, melebar makin ke selatan.

Perbukitan Kendeng, terletak di utara daerah aliran Bengawan Solo. Terbentuknya karena perlipatan dan persesaran sepanjang lajur yang hampir timur-barat, ketinggiannya 60-170 m di atas muka laut. Daerah ini didominasi oleh napal, batugamping, batulempung dan batupasir tufaan dan sedikit breksi.

Perbukitan Blora-Cepu, merupakan sebagian dari perbukitan Blora-Cepu barat dan barat-daya. Perbukitan ini terutama ditempati oleh napal, batugamping, dan batulempung. Dataran alluvium Randublatung, terletak hampir di bagian tengah lembar, memanjang mulai dari daerah Randublatung hingga diselatan Tawangarjo. Daerah yang hampir datar dengan ketinggian 45-60 m di atas muka laut ini terisi oleh endapan alluvium Sungai Lusi dan Sungai Wulung beserta anak sungainya.

2.3.2 Stratigrafi

Secara regional lembar Ngawi termasuk Lajur Kendeng dan Lajur Rembang selatan, yang satu dengan lainnya terpisah oleh lekuk Randublatung. Di bagian selatan, lajur ini berbatasan dengan deretan gunungapi Jawa Tengah selatan (Datun dkk, 1985).

Lajur Kendeng dicirikan oleh batuan sedimen tersier dan kuarter yang bersifat vulkanik, sedang lajur Rembang tidak. Lekuk Randublatung sejauh yang bisa diketahui berupa alluvium sedangkan deretan gunungapi Jawa Tengah selatan terdiri dari rempah-rempah gunung api kuarter (Datun dkk, 1985).

Batuan tertua di Lajur Kendeng adalah Formasi Kerek yang terdiri dari perselingan napal dengan batulempung, batupasir gampingan dan batugamping yang sebagian besar bersifat tufaan. Batuan ini berumur Miosen akhir, dan ditindih secara selaras oleh Formasi Kalibeng yang terdiri dari napal tak berlapis. Di beberapa tempat dijumpai sisipan batupasir tufaan dan batugamping. Di bagian agak bawah dan tengah formasi banyak dijumpai breksi andesit konglomerat, gamping, dan tufaan, sedangkan pada bagian atas dapat dijumpai anggota klitik yang terdiri dari batugamping dengan sisipan napal dan batugamping berkepingan koral (Datun dkk, 1985).

Formasi Kalibeng diendapkan disekitar neritik dalam batial atas dengan alur-alur bawah laut menghasilkan anggota banyak. Pada saat akhir pengendapan terjadi pendangkalan menghasilkan anggota klitik sampai awal Plistosen. Pengangkatan dan pelipatan yang kemudian terjadi menyebabkan formasi ini ditindih dari breksi lahar, batupasir vulkanik dan batulempung. Pengendapan terjadi pada Plistosen awal di lingkungan paralis-darat (Datun dkk, 1985).

Secara selaras di atasnya diendapkan Formasi Kabuh yang terdiri dari batupasir berstruktur silang siur jenis palung, konglomerat, dan di beberapa tempat lanauan. Letusan ini merupakan endapan sungai berkelok. Formasi ini diendapkan pada kala Plistosen tengah dan bersamaan dengan itu daerah tersebut menurun laju yang seimbang dengan proses pengendapan. Formasi ini secara selaras tertindih Formasi Notopuro yang terdiri dari breksi dengan sisipan batupasir vulkanik dan lensa konglomerat. Formasi ini diperkirakan berumur Plistosen akhir (Datun dkk, 1985).

Di Lajur Rembang selatan, batuan tertua yang tersingkap adalah anggota Ngarayong Formasi Tuban. Satuan ini terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung pasiran dengan selingan batugamping dan napal. Anggota ini diendapkan di lingkungan neritik dangkal dekat pantai, pada bagian tengah (Datun dkk, 1985).

Formasi Wonocolo menindih tidak selaras anggota Ngrayong tersebut. Bagian bawah terdiri dari batugamping berlapis tipis mengandung *foraminifera* *bentos* besar, dan bagian atas terdiri dari napal dengan sisipan batugamping, Formasi ini berumur Miosen tengah bagian atas-Miosen akhir bagian bawah dan diendapkan di lingkungan neritik dangkal. Pada saat yang sama di bagian yang dangkal terbentuk batugamping koral dan batugamping fragmental Formasi Madura (Datun dkk, 1985)

Formasi tersebut ditindih selaras oleh Formasi Ledok yang terdiri atas perselingan batugamping keras dan lunak serta batugamping glaukonit. Formasi ini berumur Miosen akhir bagian atas dan diendapkan di lingkungan neritik dangkal. Formasi Mundu yang terdiri dari napal tak berlapis dan kaya dengan *foraminifera* planktonik, menindih selaras di atas Formasi Ledok (Datun dkk, 1985).

Formasi ini berumur Pliosen awal dan diendapkan di lingkungan neritik dalam basial atas. selaras di atasnya diendapkan Formasi Selorejo yang terdiri dari batulempung pasiran dan batugamping lempungan. Formasi ini berumur Pliosen akhir dan diendapkan di lingkungan neritik dangkal. Formasi Tambakromo menindih selaras Formasi Selorejo. Formasi ini terdiri dari batulempung abu-abu dan napal, diendapkan di lingkungan neritik dangkal dan

tidak terlindung dari laut terbuka di endapkan sampai Plistosen (Datun dkk, 1985).

Kegiatan Gunung Lawu yang paling muda sudah dimulai sejak akhir Plistosen, menghasilkan rempah-rempah vulkanik diendapkan di bagian selatan Lembar Ngawi. Batuan termuda di daerah ini adalah endapan undak Bengawan Solo dan Aluvium K. Lusi, K. Madiun serta Bengawan Solo beserta anak-anak sungainya. Persebarannya cukup luas di daerah Randublatung (Datun dkk, 1985).

2.3.3 Struktur dan Tektonika

Struktur geologi yang terdapat di lembar Ngawi terdiri dari antiklin, sinklin dan sesar. Pada Lajur Kendeng umumnya struktur lipatan mempunyai arah pola umum hampir timur-barat dengan bentuk lipatan yang tak setangkup, dan sayap utara umumnya relatif curam $30-60^{\circ}$, daripada sayap selatan. Sedangkan struktur sesar dijumpai dalam cukup banyak dan dalam skala besar. Sebagian sesar geser dan dijumpai juga sesar naik, yang di beberapa tempat bersifat sebagai sesar sungkup dan sesar turun. Sesar geser mempunyai pola umum timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara, memotong sumbu lipatan berkisar $20-40^{\circ}$. Sesar turun dan naik mempunyai pola umum hampir timur-barat sesuai dengan pola lipatan di Lajur Kendeng. Batuan yang terlipat dan tersesarkan cukup kuat yaitu batuan Formasi Kerek dan Formasi Kalibeng, sedang Formasi Pucangan, Formasi Kabuh, dan Formasi Notopuro memperlihatkan pelipatan yang lemah, setelah pengendapan Formasi Tuban dan Miosen tengah bagian bawah, zona Rembang bagian selatan mengalami pengangkatan lemah dari orogenesis intra Miosen, Pada akhir Miosen tengah

terjadi penggenangan air laut membentuk Formasi Wonocolo dan Formasi Madura yang berbeda fasies dan diikuti oleh pembentukan Formasi Ledok dan Formasi Mundu. Pada saat yang hampir bersamaan di Lajur Kendeng terendapkan Formasi Kerek dan Formasi Kalibeng sampai awal Pliosen bawah. Kemudian lajur ini mengalami pengangkatan (persesaran dan pelipatan) oleh suatu orogenesa setelah awal Pliosen bawah. Pengangkatan tersebut kelihatannya tidak merata di seluruh lembar Ngawi, karena di bagian utara (Lajur Rembang) sedimentasi laut masih tetap berlangsung, walaupun menunjukkan adanya proses susut laut (Sedimentasi Formasi Mundu bagian atas, Formasi Selorejo, dan Formasi Tambakromo) sampai awal Plistosen (Datun dkk, 1985).

Pada pertengahan Plistosen bawah, Lajur Rembang selatan mengalami pengangkatan oleh orogenesa Kuartar. Pada saat tersebut kelihatannya Lajur Kendeng pada bagian-bagian yang nisbi rendah, terisi oleh endapan lahar/bahan rombakan hasil kegiatan gunungapi di luar lembar Ngawi yang menghasilkan Formasi Pucangan, Kabuh, Notopuro. Pengangkatan yang lemah di Lajur Kendeng masih tetap berlangsung hingga pertengahan Kuartar dengan ditandai adanya endapan undak dari Bengawan Solo (Datun dkk, 1985).

Daerah penelitian ini berada pada Lajur Solo yang memiliki formasi Endapan Gunung Lawu (Ql) dimana berupa batupasir vulkanik, batulempung lanau-vulkanik, breksi vulkanik dan lava. Batupasir vulkanik berwarna abu-abu kecoklatan di beberapa tempat konglomeratan, dan berlapis 15-70 cm. Kadang-kadang berstruktur silang-siur. Batulempung-lanau vulkanik, berwarna abu-abu coklat-coklat kekuningan, agak keras, berlapis 20-110 cm. Breksi vulkanik,

berwarna abu-abu gelap, kepingan andesit, berukuran 4-15 cm, di beberapa tempat berukuran lebih besar bahkan mencapai 2 m, berbentuk meruncing-meruncing tanggung, agak padat. Lava, berwarna abu-abu gelap, bersifat andesit lowong bekas gas terlihat jelas, menyisip di antara breksi lava (Datun dkk, 1985).

Secara keseluruhan batuan vulkanik tersebut merupakan endapan lahar Gunung Lawu, tetapi secara khusus mungkin merupakan endapan Gunung Lawu muda yang berumur kuartar. Sebarannya di lereng dan kaki Gunung Lawu dari aliran Bengawan Solo berlanjut ke selatan sampai batas lembar. Batulempung vulkanik yang di beberapa tempat berasosiasi lava, terdapat di selatan, menempati lereng yang lebih curam. Endapan ini yang ketebalannya tidak dapat ditentukan dengan pasti, menindih tak selaras formasi yang lebih tua di jalur kendeng bagian selatan (Datun dkk, 1985).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Akuisisi data penelitian ini dilakukan selama 2 hari, yakni pada tanggal 17 sampai 18 Agustus 2019. Lokasi pengambilan data berada di desa Sidolaju kecamatan Widodaren kabupaten Ngawi Jawa Timur. Pengolahan data dilaksanakan selama 1 bulan di Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Peralatan Penelitian

Adapun alat yang digunakan saat penelitian antara lain :

1. *Multichanel Multielectrode Resistivity and IP meter MAE*
2. Elektroda arus
3. Elektroda potensial
4. Kabel multielektroda
5. Aki
6. Palu *resistivity*
7. Jepit buaya multielektroda
8. GPS (*Global Positioning System*) Garmin
9. Meteran
10. HT (*Handy Talky*)
11. *Software Res2dinv, Microsoft excel, Microsoft word*
12. Laptop
13. Peta geologi lembar Ngawi
14. Payung

15. Alat tulis

3.3 Desain Akuisisi

Desain akuisisi data dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1, desain tersebut dibuat tiap lintasan melewati titik semburan, diharapkan mampu mengetahui sebaran gas biogenik di area pengambilan data dengan baik.

3.4 Pengambilan Data Geolistrik

Proses pengambilan data di lapangan menggunakan alat geolistrik resistivitas *Multichannel Multielectrode Resistivity and IP meter MAE* dengan konfigurasi Wenner Alpha. Metode pengambilan data di lapangan akan dijelaskan rinci sebagai berikut :

1. Ditentukan titik awal dan akhir lintasan sepanjang 240 meter untuk lintasan 1 sampai lintasan 3, dan 320 m untuk lintasan 4 menggunakan GPS dan meteran seperti pada Gambar 3.1.
2. Ditancapkan 48 elektroda pada lintasan 1 sampai 3, dan 64 elektroda pada lintasan 4 dengan jarak antar elektroda 5 meter.
3. Dihubungkan 48 dan 64 elektroda tersebut ke resistivitymeter menggunakan kabel rol dan capit buaya.
4. Diinjeksikan arus ke dalam bumi, melalui elektroda arus.
5. Disimpan data yang diperoleh.



Gambar 3.1 Lintasan Penelitian

3.5 Pengolahan Data Geolistrik

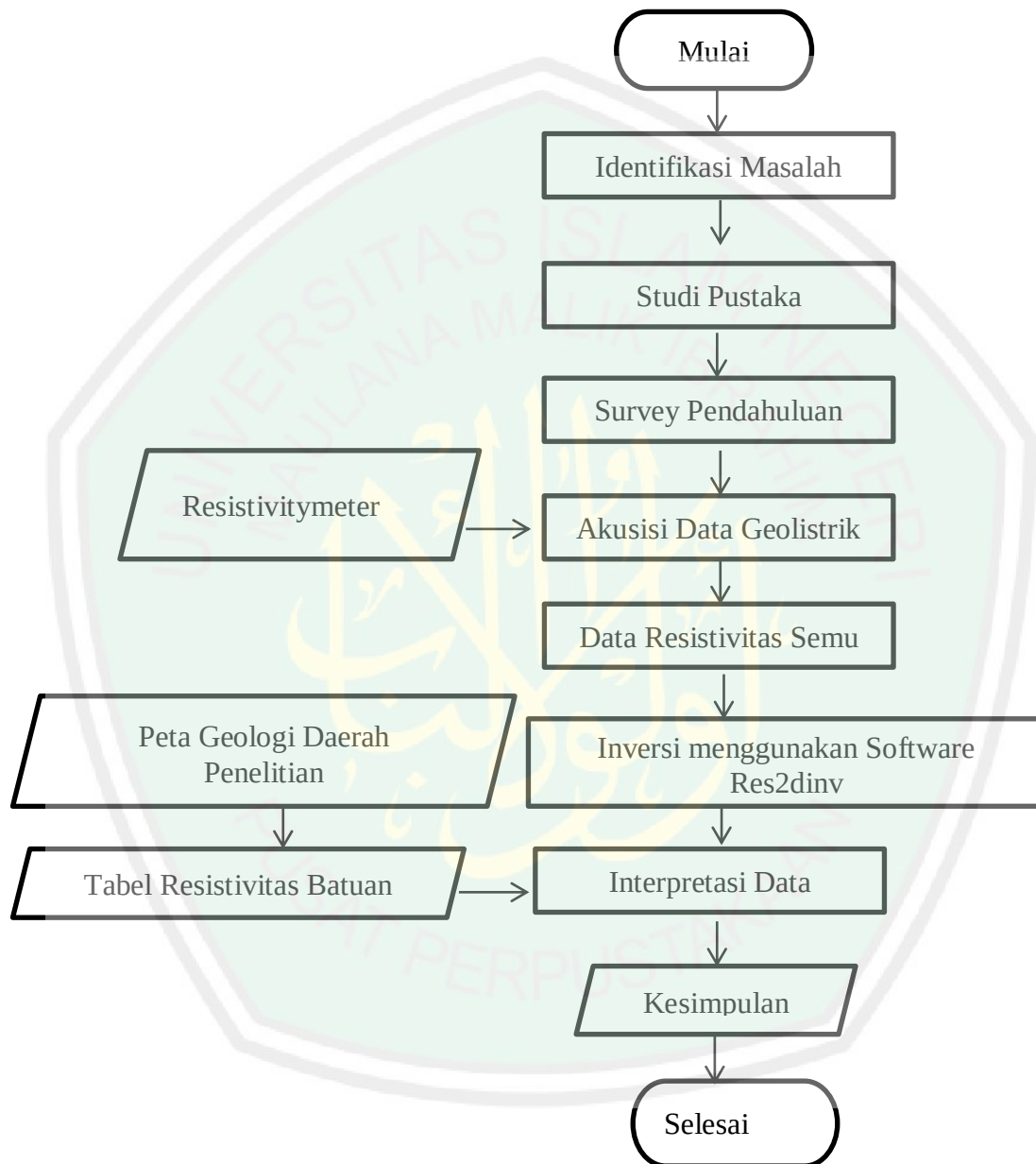
Pengolahan data dilakukan menggunakan *software Res2dinv*. Data geolistrik yang telah tersimpan dalam bentuk *excel* dan *DAT* kemudian diolah menggunakan *software Res2dinv*. Data yang dihasilkan di lapangan diinversi menggunakan *software* tersebut. Metode inversi dipilih untuk memunculkan tiga penampang melintang. Penampang pertama merupakan hasil model data yang terukur di lapangan, penampang kedua merupakan hasil model yang dibuat oleh *software*. Prinsip dari pengolahan data ini adalah mencocokkan penampang pertama dan kedua menjadi semirip mungkin sehingga nilai *error* semakin kecil.

3.6 Interpretasi Data Geolistrik

Data yang diperoleh di lapangan akan diinversi dengan *software Res2dinv*. *Output* yang dihasilkan berupa penampang horizontal dan citra warna. Penampang tersebut akan diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas batuan yang dihasilkan. Perbedaan citra warna menunjukkan perbedaan nilai resistivitas.

Berdasarkan perbedaan resistivitas batuan tersebut, dapat diketahui persebaran gas biogenik di daerah penelitian.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah dilakukan di desa Sidolaju kecamatan Widodaren kabupaten Ngawi. Pada akuisisi data dilakukan pada luas penelitian 76.800 m² dimulai dari koordinat 7°24'15.74" LS - 7°24'27.07" LS dan 111°16'21.35" LS - 111°16'25.01" LS. Fokus dari penelitian ini adalah persebaran indikasi gas biogenik berdasarkan data nilai resistivitas batuan. Sementara data yang digunakan sebagai data pendukung yaitu data dari beberapa pihak terkait seperti pernyataan dari pemilik sawah, kepala desa serta beberapa media.

Penentuan persebaran indikasi gas biogenik, dapat ditentukan menggunakan salah satu metode geofisika yaitu metode geolistrik. Alat yang digunakan adalah resistivitimeter dan data yang diperoleh berupa penampang 2D. Penampang tersebut akan memperlihatkan distribusi resistivitas batuan di bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitasnya. Data yang diperoleh kemudian diinterpretasikan dan dianalisis.

4.1 Akuisisi Data

Akuisisi data pada penelitian ini adalah proses pengambilan data geolistrik dengan menggunakan suatu konfigurasi pengukuran. Pada Akuisisi data menggunakan alat geolistrik *Multichanel Multielectrode Resistivity and IP meter merk MAE*, dimana konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Wenner Alpha dengan spasi antar elektroda adalah 5 m. Data yang diperoleh berupa beda potensial (V), dan kuat arus (I) yang diinjeksikan. Tahanan jenis dapat diperoleh dari hasil perhitungan data beda potensial (V), kuat arus (I) dan faktor geometri (K). Data tersebut diperoleh dari pengukuran yang dilakukan di lapangan

kemudian diinversi menggunakan *software Res2dinv* untuk memperoleh penampang 2D, dimana penampang 2D hasil inversi memberikan informasi mengenai distribusi nilai resistivitas di bawah permukaan pada setiap lintasan pengukuran.

Akuisisi data di lapangan dilakukan pada 4 lintasan dimana panjang lintasan 1 sampai 3 sepanjang 240 m dan lintasan 4 adalah 320 m. Lintasan terletak di sekitar sumur lokasi semburan pada tahun 2018. Lintasan berbentuk menyebar saling memotong tiap lintasan dan melewati titik semburan. Seperti pada Gambar

3.1. Adapun titik koordinat pada setiap lintasan yaitu :

1. Lintasan 1 membentang dari barat laut ke tenggara dengan koordinat $07^{\circ}24'19.7''$ LS - $07^{\circ}24'20.5''$ LS dan $111^{\circ}16'21.8''$ BT- $111^{\circ}16'29.3''$ BT.
2. Lintasan 2 membentang dari timur laut ke barat daya dengan koordinat $07^{\circ}24'17.77''$ LS - $07^{\circ}24'21.65''$ LS dan $111^{\circ}16'24.7''$ BT - $111^{\circ}16'20.36''$ BT.
3. Lintasan 3 membentang dari utara barat laut ke selatannya tenggara dengan koordinat $07^{\circ}24'20.08''$ LS - $07^{\circ}24'27.30''$ LS dan $111^{\circ}16'23.17''$ BT - $111^{\circ}16'25.05''$ BT.
4. Lintasan 4 membentang dari barat ke timur dengan koordinat $07^{\circ}24'19.17''$ LS - $07^{\circ}24'120.87''$ LS dan $111^{\circ}16'18.84''$ BT - $111^{\circ}16'28.60''$ BT.

Alat lain yang mendukung saat proses akuisisi data di antaranya: kabel roll, meteran, palu, elektroda, aki, payung, GPS Garmin, dan alat tulis. Elektroda sebanyak 64 berfungsi sebagai elektroda arus dan elektroda potensial. Kabel multi

elektroda berfungsi sebagai penghubung sumber arus listrik dengan elektroda. Aki berfungsi sebagai sumber arus listrik yang diinjeksikan. GPS Garmin berfungsi untuk mengetahui koordinat dan ketinggian lokasi penelitian, palu digunakan untuk memukul elektroda agar elektroda dapat tertancap ke permukaan tanah dengan sempurna, payung digunakan sebagai pelindung alat dari guyuran hujan atau panasnya matahari, alat tulis seperti kertas dan bolpoin digunakan untuk mencatat ketinggian dan titik koordinat setiap elektroda dan yang terakhir yaitu meteran sebagai pengukur panjang spasi elektroda setiap bentangan lintasan.

4.2 Pengolahan Data

Pada penelitian ini, data yang diperoleh akan diolah dengan pemodelan inversi menggunakan *software Res2dinv*. Pemodelan inversi adalah pemodelan yang dilakukan untuk merekonstruksi model bumi (distribusi parameter fisika) berdasarkan data hasil pengukuran. Data hasil akuisisi yang didapatkan yaitu berupa nilai resistivitas semu pada bawah permukaan kemudian hasil inversi dari *software Res2dinv* tersebut yaitu berupa 3 model penampang bawah permukaan. Penampang yang pertama yaitu perhitungan data lapangan (*measured apparent resistivity pseudosection*), penampang yang kedua yaitu model yang dibuat oleh *software Res2dinv* (*calculated apparent resistivity pseudosection*), dan penampang yang ketiga yaitu penampang hasil inversi data (*inverse model resistivity section*).

Adapun prinsip dari inversi ini adalah pencocokan kurva data menggunakan kurva model, dimana jika semakin mirip kurva data maka nilai *RMS error* yang terdapat pada *inverse model resistivity section* akan semakin kecil. Semakin kecil

nilai *RMS error* maka model penampang bawah permukaan semakin sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya. Nilai *RMS error* yang kecil dapat dilakukan pada menu *exterminate bad datum points*. Menu tersebut berfungsi untuk menghilangkan datum poin dengan nilai yang buruk, dimana dengan menghilangkan bad datum akan mengurangi nilai *error*.

Berdasarkan hasil interpretasi menggunakan parameter resistivitas dan studi-studi terkait, maka interpretasi dalam inversi data dapat dilakukan dengan mengamati penampang 2D untuk mengetahui keberadaan batuan yang ada di bawah permukaan. Batuan dapat diidentifikasi berdasarkan nilai resistivitas yang terbaca oleh alat. Beberapa penelitian yang telah dilakukan salah satunya dilakukan oleh Eko bayu dkk, didapatkan informasi bahwa adanya gas biogenik ditemukan di lapisan batuan pasir. Sementara pada penelitian yang dilakukan oleh Tim Muara Kakap dengan menggunakan metode geolistrik juga didapatkan informasi persebaran gas biogenik yang mempunyai pola *vortex* yang jelas, gas biogenik dapat berasosiasi dengan batuan yang memiliki porositas.

4.3 Interpretasi Data

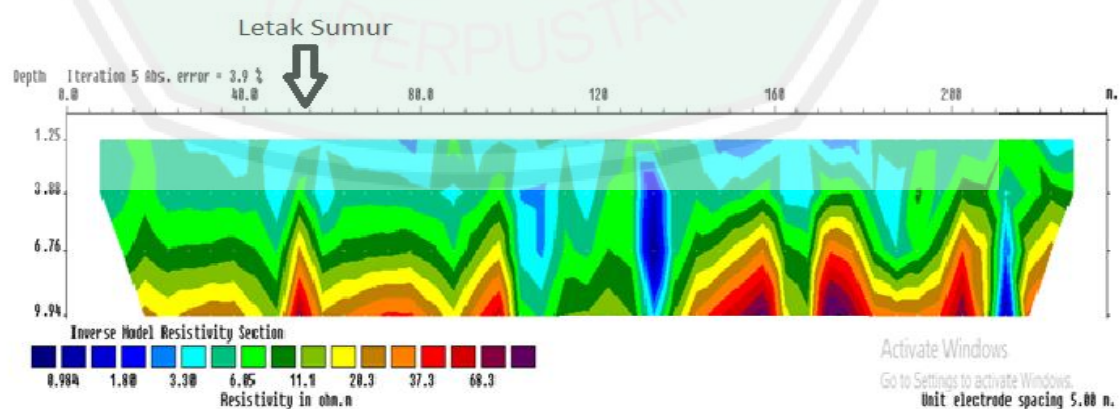
Berdasarkan peta geologi lembar Ngawi, lokasi penelitian merupakan bagian dari Formasi Lawu (Ql), Jenis batuan penyusun dari formasi ini adalah batupasir vulkanik, batulempung lanau-vulkanik, breksi vulkanik dan lava. Batupasir vulkanik memiliki ciri berwarna abu-abu kecoklatan dan berlapis 15-70 m, Batulempung lanau vulkanik berwarna abu-abu, coklat-coklat kekuningan, agak keras serta berlapis 20-110 m. Breksi vulkanik memiliki ciri warna yang abu-abu gelap, kepingan andesit yang berukuran 4-15 cm dan lava memiliki ciri

berwarna abu-abu gelap, bersifat andesit lowong bekas gas terlihat jelas dan lava ini menyisip di antara breksi lava.

Data yang diperoleh dari penelitian ini terukur mulai kedalaman 1.25 m di bawah permukaan. Hal tersebut sesuai dengan spasi antar elektroda yang digunakan. Semakin besar spasi yang digunakan, maka kedalaman dari data pertama atau $n=1$ yang terukur akan semakin besar juga.

4.3.1 Interpretasi Lintasan 1

Hasil pengolahan data resistivitas dengan menggunakan *software Res2dinv* akan diinterpretasi berdasarkan distribusi resistivitasnya. Dalam pengolahan data geolistrik, nilai *error* yang dibutuhkan adalah kurang dari 10% karena semakin kecil nilai *error*nya maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Lintasan 1 terletak pada koordinat $07^{\circ}24'19.7''$ - $07^{\circ}24'20.5''$ LS dan $111^{\circ}16'21.8''$ BT - $111^{\circ}16'29.3''$ BT dengan panjang lintasan 240 m dengan menggunakan spasi terkecil yaitu 5 m. Kedalaman maksimal yang terukur berdasarkan hasil inversi adalah 9.94 m. Berikut gambar penampang 2D menggunakan *Res2dinv* pada lintasan 1 :



Gambar 4.1 Lintasan 1

Pada pengolahan data menggunakan *software Res2dinv* ini didapatkan nilai *error* sebesar 3.9% dimana letak sumur semburan berada pada jarak 54 m dari elektroda pertama. Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan oleh *software Res2dinv* seperti pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Hasil Interpretasi Lintasan 1

No	Nilai Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan
1	0.984-20.03	Dominasi batulempung vulkanik yang berasosiasi dengan lanau vulkanik
2	20.03 – 68.3	Dominasi batulempung lanau vulkanik dan berasosiasi dengan batupasir vulkanik
3	>68.3	Dominasi batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik

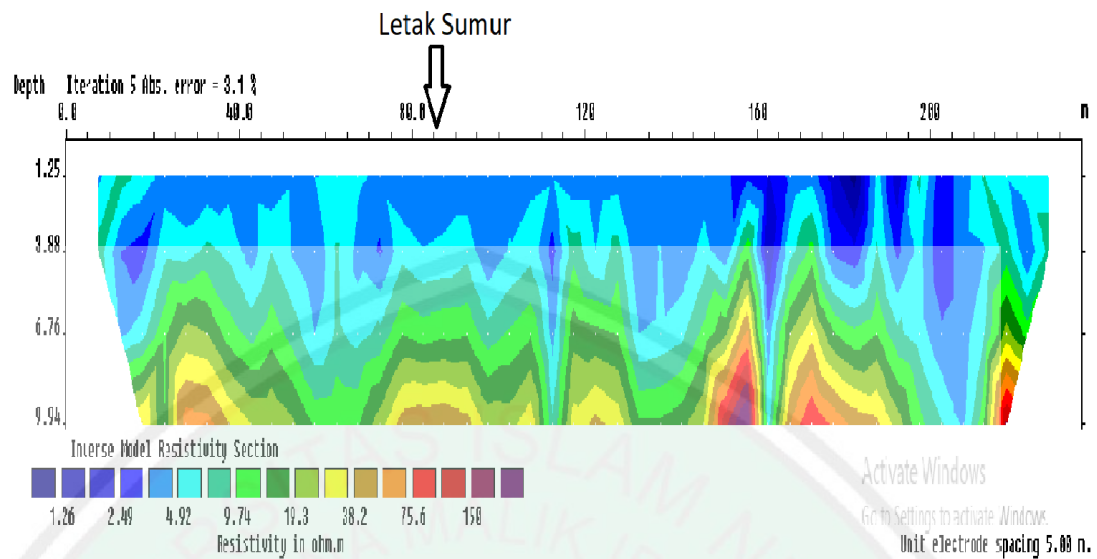
Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa jenis batuan dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai resistivitasnya. Data yang dijadikan acuan penentuan jenis batuan yaitu berdasarkan nilai resistivitas batuan seperti pada Tabel 2.3. Batulempung vulkanik memiliki nilai resistivitas 1-100 Ωm , Lanau memiliki nilai resistivitas 10-200 Ωm , sementara batupasir memiliki nilai resistivitas 50-500 Ωm . Meskipun terdapat persamaan pada rentang resistivitas di atas namun penentuan lapisan batuan dapat diidentifikasi berdasarkan data pendukung lainnya seperti data lapangan. Berdasarkan fakta lapangannya material yang keluar bersama dengan semburan air pada kedalaman tersebut didominasi oleh batupasir vulkanik dan ditemukan adanya batulempung lanau vulkanik meskipun hanya sedikit.

Pada penampang tersebut tidak ditemukan sebuah reservoir gas biogenik namun hanya ditemukan sebuah zona yang diindikasikan sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik pada sebuah batuan. Batuan yang mampu berasosiasi dengan gas yaitu batuan yang memiliki pori dan ditampilkan dengan nilai resistivitas yang tinggi. Pada lintasan ini yang diduga sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik memiliki nilai resistivitas $>68.3 \Omega\text{m}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Material dengan nilai resistivitas tinggi tersebut diduga sebagai batupasir vulkanik dimana gas biogenik dianggap bermigrasi di batuan tersebut. Pada nilai resistivitas tersebut diinterpretasikan sebagai batupasir vulkanik bukan murni batuan tersebut, melainkan sebagai batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik.

Daerah dengan nilai resistivitas tinggi ($>68.3 \Omega\text{m}$) memiliki pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut berada pada jarak 160 m dari elektroda pertama dengan kedalaman 9 m sementara daerah kedua berada pada jarak 173 m dengan kedalaman 8.5 m.

4.3.2 Interpretasi Lintasan 2

Pada lintasan 2, panjang lintasannya adalah 240 m yang membentang dari timur laut ke barat daya dengan koordinat $07^{\circ}24'17.77'' \text{ LS} - 07^{\circ}24'21.65'' \text{ LS}$ dan $111^{\circ}16'24.7'' \text{ BT} - 111^{\circ}16'20.36'' \text{ BT}$. Nilai *error* yang dihasilkan sebesar 3.1 % dengan kedalaman hasil inversi adalah 9.94 m. Semakin kecil nilai *error* maka model penampang yang dihasilkan akan semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software Res2dinv*.



Gambar 4.2. Lintasan 2

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil Interpretasi Lintasan 2

No	Nilai Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan
1	1.26 – 19.3	Dominasi batulempung vulkanik yang berasosiasi dengan lanau vulkanik
2	19.3 – 75.6	Dominasi batulempung lanau vulkanik dan berasosiasi dengan batupasir
3	75.6 – 150	Dominasi batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik

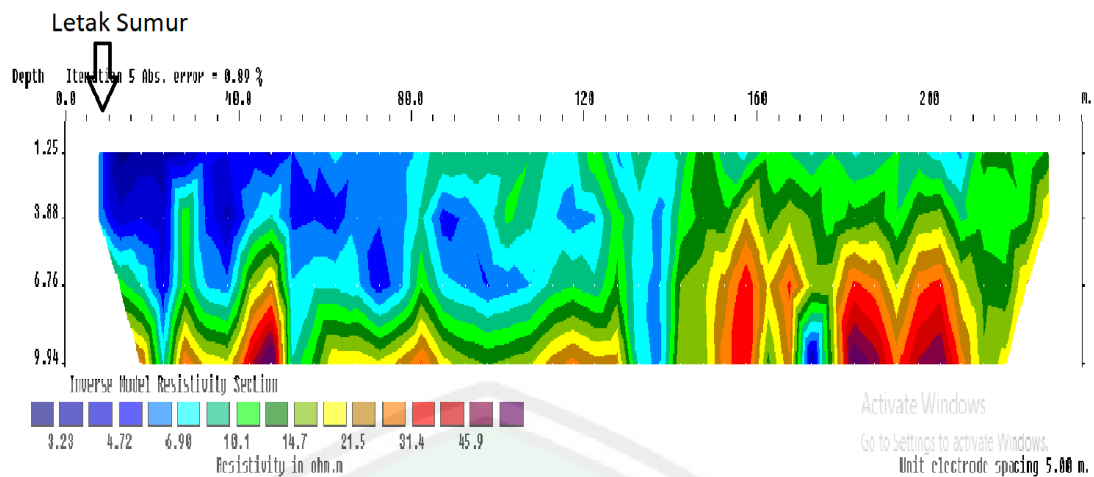
Pada penampang tersebut tidak ditemukan sebuah reservoir gas biogenik namun hanya ditemukan sebuah zona yang diindikasikan sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik pada sebuah batuan. Batuan yang mampu berasosiasi dengan gas yaitu batuan yang dicirikan memiliki pori dan ditampilkan dengan nilai resistivitas yang tinggi. Pada lintasan ini yang diduga sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik memiliki nilai resistivitas antara 75.6-150 Ωm yang ditampilkan dengan warna ungu. Material dengan nilai

resistivitas tinggi tersebut diduga sebagai batupasir vulkanik dimana gas biogenik dianggap bermigrasi di batuan tersebut. Batuan pasir merupakan batuan yang tidak kompak yang memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang tinggi, sehingga batuan ini mudah lepas, karena sifat batuan yang mudah lepas sehingga gas mudah menyusup ke dalam pori-pori batuan. Pada nilai resistivitas tersebut bukan murni batupasir vulkanik, namun diduga sebagai batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik. Berdasarkan Tabel 2.1, batupasir memiliki rentang resistivitas antara 50-500 Ωm dan batuan lanau memiliki nilai resistivitas 10-200 Ωm . Pada nilai resistivitas tersebut kedua batuan tersebut masuk dalam *range* yang sama namun pada warna tersebut didominasi batupasir vulkanik karena pada fakta lapangannya material yang keluar bersama dengan semburan air tersebut didominasi oleh batupasir vulkanik meskipun tetap ditemukan adanya batulempung lanau vulkanik.

Daerah dengan nilai resistivitas tinggi (75.6-150 Ωm) berada pada jarak 160 m dari elektroda pertama dengan kedalaman 9 m. Zona tersebut yang dianggap sebagai zona indikasi migrasi gas biogenik.

4.3.3 Interpretasi Lintasan 3

Panjang pada lintasan 3 adalah 240 m yang membentang dari utara barat laut ke selatannya tenggara dengan koordinat $07^{\circ}24'20.08''$ LS - $07^{\circ}24'27.30''$ LS dan $111^{\circ}16'23.17''$ BT - $111^{\circ}16'25.05''$ BT. Nilai *error* yang dihasilkan adalah 0.09 % dengan kedalaman maksimal hasil inversi yaitu 9.94 m. Berikut hasil inversi data dengan *software Res2dinv*:



Gambar 4.3 Lintasan 3

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Lintasan 3

No	Nilai Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan
1	3.23 - 21.5	Dominasi batulempung vulkanik yang berasosiasi dengan lanau vulkanik
2	21.5 – 45.9	Dominasi batulempung lanau vulkanik dan berasosiasi dengan batupasir
3	>50	Dominasi batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik

Berdasarkan Tabel 4.3 pada lokasi semburan hingga kedalaman 9.94 m tidak ditemukan indikasi gas biogenik. Pada penampang tersebut juga tidak ditemukan sebuah reservoir gas biogenik, namun zona selain sumber semburan ditemukan sebuah zona yang diindikasikan sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik pada sebuah batuan.

Batuan yang mampu berasosiasi dengan gas yaitu batuan yang dicirikan memiliki pori dan ditampilkan dengan nilai resistivitas yang tinggi. Pada lintasan ini yang diduga sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik memiliki nilai resistivitas $>50 \Omega\text{m}$ yang ditampilkan dengan warna ungu. Material dengan nilai

resistivitas tinggi tersebut diduga sebagai batupasir vulkanik dimana gas biogenik dianggap bermigrasi di batuan tersebut. Batuan pasir merupakan batuan yang tidak kompak yang memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang tinggi, sehingga batuan ini mudah lepas, karena sifat batuan yang mudah lepas sehingga gas mudah menyusup ke dalam pori-pori batuan.

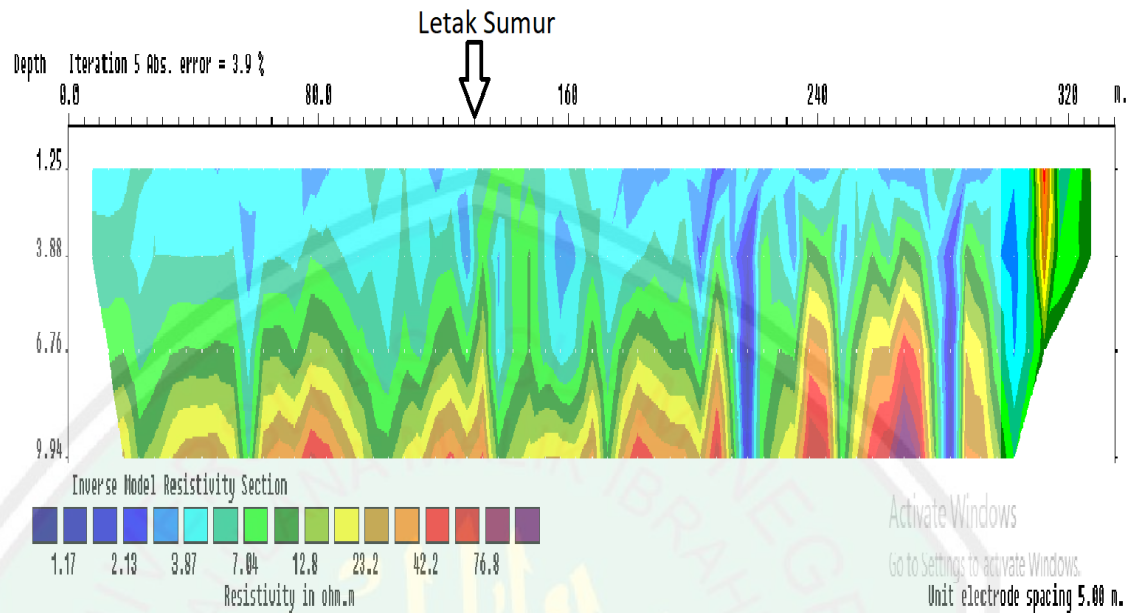
Pada nilai resistivitas tersebut diinterpretasikan bukan murni batupasir vulkanik, namun diduga sebagai batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik. Berdasarkan tabel resistivitas (Telford dkk, 1990), batupasir memiliki rentang resistivitas antara 50-500 Ωm dan batuan lanau memiliki nilai resistivitas 10-200 Ωm . Pada nilai resistivitas di atas kedua batuan tersebut masuk dalam *range* yang sama namun pada warna tersebut didominasi batupasir vulkanik karena pada fakta lapangannya material yang keluar bersama dengan semburan air tersebut didominasi oleh batupasir vulkanik meskipun tetap ditemukan adanya batulempung lanau vulkanik.

Daerah dengan nilai resistivitas tinggi memiliki pola *closure* tertutup. Pola *closure* yaitu pola suatu material yang terperangkap dalam pola material yang lain. Pola tersebut berada pada jarak 180 dan 200 m dari elektroda pertama dengan kedalaman 9 m.

4.3.4 Interpretasi Lintasan 4

Panjang lintasan 4 ini adalah 320 m yang membentang Lintasan 4 membentang dari barat ke timur dengan koordinat $07^{\circ}24'19.17''$ LS - $07^{\circ}24'120.87''$ LS dan $111^{\circ}16'18.84''$ BT - $111^{\circ}16'28.60''$ BT. Nilai *error* yang dihasilkan adalah 3.9 % dengan kedalaman maksimal 9.94 m. Semakin kecil nilai *error*nya akan semakin maka model penampang yang dihasilkan akan

semakin mendekati litologi bawah permukaan yang sesungguhnya. Di bawah ini merupakan hasil inversi data dengan *software Res2dinv* :



Gambar 4.4 Lintasan 4

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan model 2D yang dihasilkan dari *software* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4. Hasil Interpretasi Lintasan 4

No	Nilai Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan
1	1.17 – 23.2	Dominasi batulempung vulkanik yang berasosiasi dengan lanau vulkanik
2	23.2 – 42.2	Dominasi batulempung lanau vulkanik dan berasosiasi dengan batupasir
3	>76.8	Dominasi batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik

Pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa jenis batuan dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai resistivitasnya. Data yang dijadikan acuan berdasarkan nilai resistivitas batuan pada Tabel 2.3, batulempung vulkanik memiliki nilai resistivitas 1-100 Ωm , batu lanau memiliki nilai resistivitas 10-200 Ωm ,

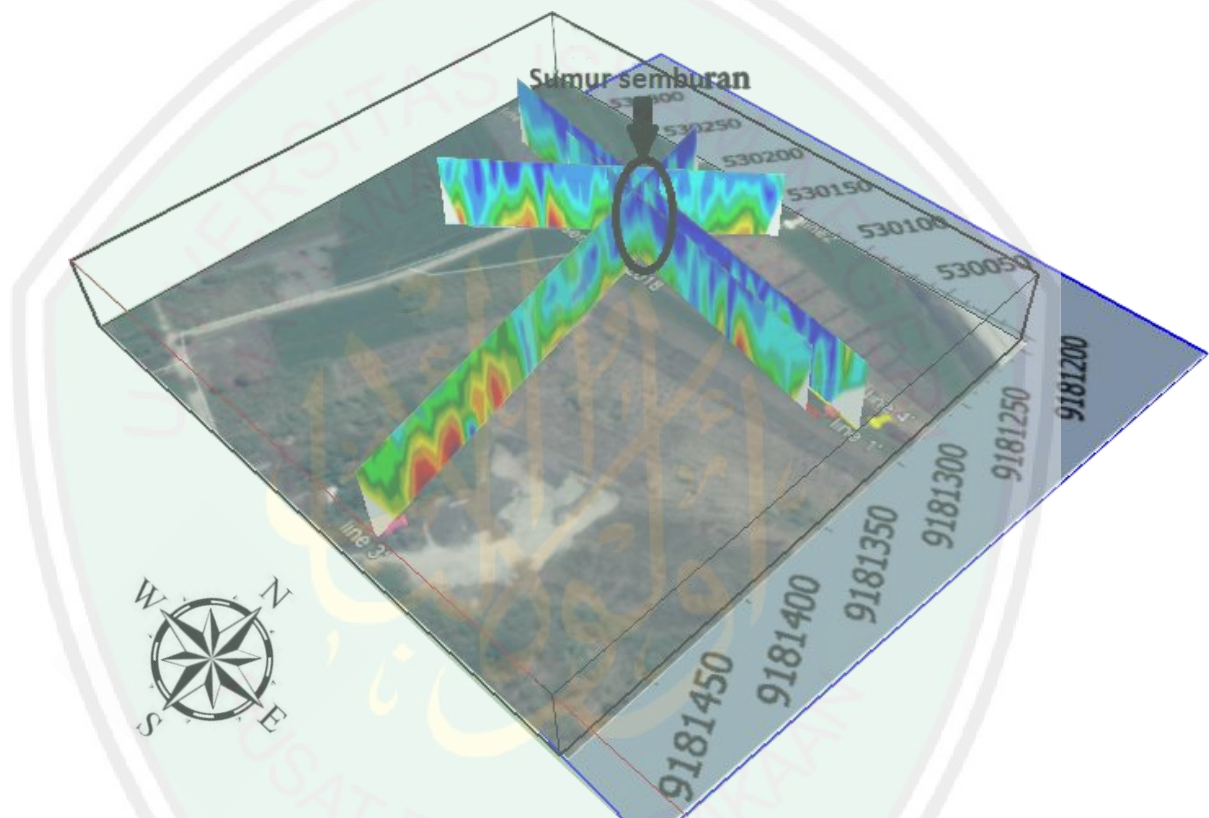
sementara batupasir memiliki nilai resistivitas 50-500 Ωm . Meskipun terdapat persamaan pada rentang resistivitas di atas namun penentuan lapisan batuan dapat diidentifikasi berdasarkan data pendukung lainnya seperti data lapangan. Berdasarkan fakta lapangannya material yang keluar bersama dengan semburan air tersebut pada kedalaman tersebut didominasi oleh batupasir vulkanik dan ditemukan adanya batulempung lanau vulkanik meskipun hanya sedikit.

Pada penampang tersebut tidak ditemukan sebuah reservoir gas biogenik namun hanya ditemukan sebuah zona yang diindikasikan sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik pada sebuah batuan. Batuan yang mampu berasosiasi dengan gas yaitu batuan yang dicirikan memiliki pori dan ditampilkan dengan nilai resistivitas yang tinggi. Pada lintasan ini yang diduga sebagai tempat bermigrasinya gas biogenik memiliki nilai resistivitas $>76.8 \Omega\text{m}$ yang digambarkan dengan warna ungu. Material dengan nilai resistivitas tinggi tersebut diduga sebagai batupasir vulkanik dimana gas biogenik dianggap bermigrasi di batuan tersebut.

Batupasir merupakan batuan yang tidak kompak yang memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang tinggi, sehingga batuan ini mudah lepas, karena sifat batuan yang mudah lepas sehingga gas mudah menyusup ke dalam pori-pori batuan. Pada nilai resistivitas tersebut bukan murni batupasir vulkanik, namun diduga sebagai batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik.

4.4 Pemodelan 3D

Model penampang 3 Dimensi (3D) berupa hasil penggabungan dari model 2 dimensi (2D) dan kemudian direkonstruksi menjadi 3D menggunakan bantuan perangkat lunak *Sketchup*. Pemodelan secara 3D ini dilakukan untuk melihat kesinambungan dari model 2D struktur batuan penyusun bawah permukaan area penelitian, sehingga dapat memudahkan interpretasi secara vertikal.



Gambar 4.5 Pemodelan 3D menggunakan software *Sketch Up* 2017

Pemodelan 3D memberikan gambaran lebih nyata pada struktur bawah permukaan. Gambar 4.5 merupakan model 2D bawah permukaan yang direkonstruksi ke bentuk 3D. Terlihat bahwa terdapat kesinambungan lapisan dan body antar penampang model 2D struktur bawah permukaan. Berdasarkan interpretasi kualitatif dan kuantitatif indikasi gas biogenik di bawah permukaan

menyebar diseluruh lapisan. Hal ini juga terkonfirmasi oleh model 2D tiap penampang.

Pemodelan ini berada pada luasan 9181450-9181200 LS (UTM) sampai 530050 – 530300 BT (UTM). Pada pemodelan tersebut terdapat 4 lintasan dengan panjang masing-masing lintasan 1 -3 adalah 240 m dan lintasan 4 adalah 320 m. Setiap lintasan melewati area semburan dan saling memotong satu sama lain. lintasan 1 sejajar dengan lintasan 4, dengan lintasan 4 yang lebih panjang yang memiliki struktur yang sama pula. Hal ini sesuai karena jarak antara kedua lintasan relatif dekat.

Berdasarkan hasil interpretasi pada pemodelan 3D kedalaman yang didapatkan adalah 9.94 m. Pendugaan indikasi keberadaan gas biogenik pada sumur semburan tidak ditemukan sebuah reservoir gas biogenik pada kedalaman tersebut. Nilai resistivitas yang rendah serta kedalaman yang relative dangkal pada sumur semburan menyebabkan reservoir gas biogenik tidak dapat diidentifikasi keberadaannya. Namun saat pengeboran pada kedalaman 50 m pada tahun 2018 lalu telah terlihat bahwa gas biogenik muncul bersama air dan batuan dominasi batupasir vulkanik yang diduga gas yang berada di bawah sumur mendorong akibat dilakukan pengeboran. Sementara pada daerah sekitar sumur ditemukan persebaran indikasi zona bermigrasinya gas biogenik yang ditandai dengan nilai resistivitas yang tinggi dengan ciri warna ungu.

Zona tersebut menyebar di beberapa lintasan seperti pada Gambar 4.5. Fenomena semburan gas di desa Sidolaju memang sering terjadi, hingga saat ini sebanyak 3 kali semburan gas dan air. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Sidolaju rawan dan berpotensi terjadi semburan serupa. Dimungkin zona

berwarna merah yang merupakan indikasi sebaran migrasi gas biogenik tersebut akan terjadi hal yang serupa jika dilakukan pengeboran.

Konduktivitas erat hubungannya dengan resistivitas. Semakin tinggi nilai resistivitas maka nilai konduktivitas akan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan data yang ada di lapangan bahwasanya gas yang diindikasikan berada pada zona yang memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi dari sekitarnya. Resistivitas batuan juga dipengaruhi oleh porositas batuan. Batuan berpori yang mengandung gas mempunyai nilai hambatan jenis yang lebih tinggi.

Area pengambilan data berada pada formasi batuan geologi yang sama yaitu Formasi Lawu (Q1) sehingga hasil penampang 2D bawah permukaan dari *software Res2dinv* tidak banyak berbeda antara lintasan yang satu dengan lintasan yang lain. Salah satu sifat gas adalah mengisi ruang-ruang kosong, dalam hal ini adalah pada batuan berpori dan memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi dari lingkungan sekitar. Semburan gas biogenik ini terjadi di daerah persawahan yang umumnya memiliki nilai resistivitas rendah. Material penyusun daerah penelitian merupakan batulempung vulkanik, batulanau vulkanik, batupasir vulkanik, breksi vulkanik dan lava (Qilun, 1995).

Batupasir vulkanik memiliki ciri berwarna abu-abu kecoklatan dan berlapis 15-70 m. Batulempung lanau vulkanik berwarna abu-abu, coklat-coklat kekuningan, agak keras serta berlapis 20-110 m. Breksi vulkanik memiliki ciri warna yang abu-abu gelap, kepingan andesit yang berukuran 4-15 cm dan lava memiliki ciri berwarna abu-abu gelap, bersifat andesit gas terlihat jelas dan lava ini menyisip di antara breksi lava.

Menurut Van Bemmelen (1949) pada masa Pliosen erupsi dari gunungapi di selatan Pulau Jawa sebelah timur termasuk Gunung Lawu mengisi cekungan mandala kendeng, sehingga merubah lingkungan laut dalam menjadi lingkungan laut dangkal. Aktivitas tektonik pada masa ini juga menyebabkan terjadinya struktur yang kompleks (pelipatan, pengangkatan, dan patahan) pada zona Kendeng di bagian selatan Bojonegoro sehingga yang awalnya laut dangkal berubah menjadi daratan. Proses sedimentasi yang berlangsung cepat dan aktivitas tektonik yang terus berlangsung mengakibatkan sedimen kaya organik yang tertimbun erupsi tidak terkompaksi sempurna ini akan menjadi cikal bakal kantong-kantong lumpur bertekanan (Setiawan, 2014).

Pada saat erupsi gunung api tersebut, material yang dimuntahkan berupa batupasir vulkanik, batulempung-lanau vulkanik, breksi dan lava sesuai dengan data geologi Endapan Lawu, namun muntahan tersebut terjadi secara berkala sesuai dengan jangka erupsi dan material yang dikeluarkan. Material dominan yang terlebih dahulu dimuntahkan akan menjadi lapisan paling bawah pada Endapan Lawu tersebut. Berdasarkan data geologi dan data hasil pengolahan data *Res2dinv* dalam kedalaman tersebut dimungkinkan dominan batupasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung-lanau vulkanik kemudian menyusul dominan batulempung lanau vulkanik berasosiasi dengan batupasir vulkanik dan lapisan yang terbaru adalah berupa batulempung vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik yang berada pada paling atas permukaan di Endapan Lawu.

Endapan Lawu (Ql) merupakan formasi termuda yang berumur Holosen, dimana Ql berada paling atas yang menindih Formasi Kabuh, Formasi

Pucangan, dan Formasi Kalibeng, Formasi tersebut berada pada Lajur Kendeng. Formasi paling dasar dan paling tua yang berada di daerah penelitian yaitu Formasi Kalibeng. Formasi ini sama dengan formasi yang berada di desa Sangiran. Sangiran merupakan lingkungan dasar laut yang kemudian sekitar 1.8 juta tahun yang lalu mengalami pengendapan lapisan yang menyebabkan perubahan lingkungan dasar laut menjadi lingkungan rawa-rawa (Tejakusuma, 2006). Hal ini sesuai dengan dalam penelitian Rice dan Claypool bahwasanya gas biogenik yang berada pada temperatur rendah dan terbentuk di rawa-rawa. Lingkungan perubahan ini juga menyebabkan terbentuknya gas biogenik dan menyebabkan semburan di desa Sidolaju.

Sejarah geologi di desa Sidolaju berada pada Formasi Endapan Lawu dimana menindih Formasi Kalibeng. Formasi Kalibeng terbentuk pada masa Miosen akhir-Pliosen yang merupakan suatu formasi yang terdiri dari beberapa anggota dengan lingkungan *marine* yang bervariasi dari neritik hingga basial. Sisa moluska laut ditemukan di Formasi Kalibeng pada masa Pliosen (Qilun, 1995).

Berdasarkan urutan formasi di atas diperkirakan gas biogenik bermigrasi di Endapan Lawu (Ql) yang berupa batupasir vulkanik, batulempung-lanau vulkanik, breksi vulkanik dan lava. batupasir merupakan batuan berpori yang memiliki ruang kosong untuk gas biogenik bermigrasi, sementara Formasi Kalibeng yang berada pada dasar formasi diperkirakan sebagai penutup dari badan lumpur.

Gas biogenik yang berada pada batupasir yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik dapat bergerak bebas dan dapat mencapai

permukaan ketika menemukan bidang lemah pada lapisan atasnya. Bidang lemah ini dapat terjadi disebabkan karena adanya rekahan maupun patahan yang terjadi secara alami ataupun karena kegiatan manusia. Pada fenomena ini bidang lemah yang menjadi sebab terjadinya semburan yaitu kegiatan pengeboran sumur sehingga gas yang terjebak di batupasir keluar menekan lapisan yang di atasnya dimana terdapat air tanah sehingga terjadilah semburan air akibat tekanan gas tersebut. Daya semburan air semakin melemah yang ditandai dengan semburan yang semakin mengecil sejak awal semburan terjadi, hal ini dapat terjadi akibat tekanan oleh gas biogenik di bawah permukaan yang berangsur melemah. Semburan air akan berhenti ketika tekanan gas biogenik di bawah permukaan sama dengan tekanan pada lapisan batuan disekitarnya. Semburan air juga dapat berhenti semua gas telah keluar ke permukaan, namun dikarenakan semburan terjadi karena pengeboran sumur sehingga dimungkinkan di bawah permukaan yang lain masih banyak gas yang terjebak di lapisan tersebut.

Semburan air dan gas yang bercampur dengan material tersebut berlangsung sementara ini merupakan gas yang berada di bawah permukaan adalah bukan termasuk reservoir. Ini berarti hanya gas yang terjebak pada lapisan berpori dan muncul ketika dilakukan pengeboran atau aktivitas lainnya yang menyebabkan gas tersebut menyembur bersama air.

Potensi semburan air dari adanya pemboran sumur yang sering terjadi di desa Sidolaju jika dilihat dari semburan yang sementara dan menyembur dengan sangat kuat hingga mencapai 30 m, berdasarkan nilai resistivitas yang tinggi di daerah sekitar sumur dimana dimungkinkan akan terjadi hal yang serupa jika dilakukan pemboran. Solusi dari semburan air yaitu dengan mengetahui potensi

dan persebaran gas seperti yang telah dilakukan sehingga dapat mengantisipasi supaya tidak terjadi hal serupa dan dapat melakukan pemboran air di zona yang aman dari gas biogenik.

Gas bogenik tidak selalu membawa dampak negatif seperti kejadian semburan air oleh tekanan gas biogenik yang berada di bawah permukaan, namun hal ini bisa menjadi anugerah yang dapat dimanfaatkan secara maksimal. Penggunaan gas ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar seperti halnya minyak dan gas bumi. Gas biogenik tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan bakar seperti pada umumnya, namun gas ini memiliki keunggulan yaitu tingkat polusi udara yang rendah serta ramah lingkungan karena hasil pembakarannya lebih sedikit menghasilkan gas karbon dioksida jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar hidrokarbon lainnya (Rice dan Claypool, 1981).

4.5 Fenomena Semburan Air dalam Perspektif Al- Qur'an

Dalam buku Tafsir Ilmi yang disusun oleh Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat Kementrian Agama RI, dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), mereka memaparkan tentang air yang berada di dalam bumi perspektif Al-Quran dan Sains. Dalam buku tersebut menjelaskan bahwa di daerah hilir yang lebih rendah, air yang berada di dalam permukaan bumi akan keluar kembali sebagai mata air di hulu-hulu sungai atau pada tebing-tebing yang tertoreh. Apabila air tersebut mendapat tekanan yang cukup kuat, maka air tersebut akan menyemburse ke atas.

وَفَجَّرْنَا الْأَرْضَ عُيُونًا فَالْتَقَى الْمَاءُ عَلَى أَمْرٍ قَدْ قُدِرَ

Artinya : “Dan kami jadikan bumi memancarkan mata air-mata air, maka bertemulah air-air itu untuk suatu urusan yang ditetapkan” (Q.S. Al-Qamar: 12)

Fenomena semburan air di desa Sidolaju terjadi karena tekanan oleh gas yang berada di bawah air (sumur). Gas yang disebut dengan gas biogenik ini berada di batupasir yang memiliki pori dimana air dan gas mengisi ruang-ruang kosong pada batuan pasir tersebut. Setiap batuan memiliki porositas yang berbeda-beda (Farid dkk, 2008) sehingga air atau gas dapat bergerak di antara butiran-butiran sehingga membentuk aliran air tanah sementara gas akan bermigrasi kelapisan atasnya, sementara dalam Al-Qur'an dijelaskan tentang kerasnya batuan yang memiliki pori, sebagai berikut :

ثُمَّ قَسَتْ قُلُوبُكُمْ مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ فَهِيَ كَالْحِجَارَةِ أَوْ أَشَدُّ قَسَوَةً وَإِنَّ مِنْ الْحِجَارَةِ لَمَا يَتَفَجَّرُ مِنْهُ الْأَنْهَارُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَشَقَّقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْمَاءُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَهْبِطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ وَمَا اللَّهُ بِغَفِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ ﴿٧٤﴾

Artinya : “Kemudian setelah itu hatimu menjadi sekeras batu, bahkan lebih keras lagi. Padahal di antara batu-batu itu sungguh ada yang mengalir sungai-sungai dari padanya dan di antaranya sungguh ada yang terbelah lalu keluarlah mata air dari padanya dan di antaranya sungguh ada yang meluncur jatuh, karena takut kepada Allah. Dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang kamu kerjakan” (Q.S Al-Baqarah [02] :74).

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa sifat batuan pada dasarnya adalah keras, pada kata “... di antara batu-batu sungguh ada yang mengalir sungai dari padanya...” mengisyaratkan bahwa meskipun sifat keras pada batuan namun ia tetap mampu mengalirkan sungai (air) karena batuan memiliki sifat berpori, dan setiap batuan memiliki porositas yang berbeda-beda Air dan gas dalam ayat tersebut memiliki persamaan dengan gas biogenik yang dimana ia mengisi ruang kosong pada batuan berpori. “... dan di antaranya sungguh ada yang terbelah lalu keluarlah mata air dari padanya...”, Penggalan ayat tersebut berhubungan

dengan fenomena semburan air yang terjadi di daerah penelitian dimana menguatkan ayat di atasnya bahwa sekeras-kerasnya batuan memiliki porositas dan mampu menyemburkan ke permukaan bumi.

Menurut Tafsir Muyassar oleh Kementrian Agama Saudi Arabia pada kata “....*Hatimu menjadi sekeras batu, bahkan lebih keras lagi...*” bahwa hati diumpamakan seperti batu yang kosong. Kosong dari ketaatan kepada ayat-ayat Allah. Hati mereka tidak pernah berubah, sementara batu bisa berubah bentuknya hingga mampu memancarkan air hingga membentuk sungai dan mengeluarkan air yang mengalir ke bumi dan dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk lainnya.

Hikmah yang dapat kita petik dari penggalan ayat di atas, bahwasanya hendaknya hati kita tidaklah keras sekeras batu atau lebih keras lagi, jika menerima nasihat-nasihat yang menyentuh dan menyaksikan mukjizat-mukjizat yang nyata. Jika hati lebih keras daripada batu maka hati tersebut tidak bisa berubah, sementara batu bisa berubah bentuknya seperti pada ayat di atas. Namun hati tidak bisa seperti itu, Allah tidak akan lalai terhadap apa yang kalian perbuat. Allah mengetahuinya dan memberi balasan yang setimpal.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan data nilai resistivitas batuan yang diperoleh, persebaran gas biogenik di area semburan tidak ditemukan sebuah reservoir gas biogenik, namun hanya berupa rembesan gas yang berada pada batuan pasir vulkanik yang berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik.
2. Identifikasi litologi batuan bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas batuan pada daerah penelitian adalah batupasir vulkanik berasosiasi batulempung lanau vulkanik, batulempung lanau vulkanik berasosiasi dengan batulempung vulkanik, dan batulempung vulkanik berasosiasi dengan batulempung lanau vulkanik.

5.2 Saran

Perlu dilakukam penelitian yang berkelanjutan dengan penambahan perubahan konfigurasi (jumlah n) saat melakukan pengambilan data untuk penambahan target kedalaman, sehingga dapat diperoleh gambaran bawah permukaan lebih dalam lagi karena hasil penelitian ini hanya memberikan gambaran struktur bawah permukaan dangkal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ad-Dimasyqi, Al-Imam Abu Fida Ismail Ibnu Katsir. 2000. *Tafsir Al-Qur'an Al Adzim*. Bandung : Sinar Baru Algensindo.
- Al-Qur'an Cordoba. 2015. *Al-Qur'an Terjemah Perkata Warna*. Bandung: Cordoba International-Indonesia
- Anesa, Nevi Saerina. 2015. *Analisis Potensi Gas Biogenik Dengan Metode Geolistrik Sebagai Alternatif Energi Baru Daerah Sidengok, Kecamatan Pejawaran, Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah*. Academia Industry Linkage. Proceeding kebumian ke-8.
- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Jakarta: Gramedia. Pustaka Utama.
- Arifin, L. 2010. *Distribusi batuan Sedimen yang diduga Mengandung Gas Biogenik dengan Metode Tahanan Jenis di Pantai Saronggi, Sumenep, Madura*. Volume 5, No.2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Astawa, Nyoman, Luga, Wayan, Wahib, Abdul. 2007. *Indikasi Keberadaan Gas Biogenik di Delta Sungai Cimanuk Berdasarkan Data Seismik dan Bor, Indramayu, Jawa Barat*. Jurnal Geologi Kelautan, Volume 5, No.2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Bemmelen, Van. 1949. *The Geology Of Indonesia*. Den Haag: Government Printing Office.
- BPH MIGAS. 2018. www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional. (diakses pada 25 Februari 2019).
- Burger, H Robert. 1992. *Exploration Geophysics of The Shallow Subsurface*. Smith College: USA.
- Chandra, B. 2006. *Pengantar kesehatan lingkungan*. EGC.Jakarta.
- Christofel, Sanu. 2014. *Migas Non-Konvensional dan Geopolitik Energi Masa Depan*.<http://theglobal-review.com> (diakses 11 April 2019).
- Colosomi, Fabrizio, Lord, Richard, Rosario, Proto Andrea. 2016. *Biogenic Methane in Shale Gas and Coal Bed Methane*. Glasgow. University of Strathclyde.

- Datun, Marno dan Sukandar, Rumidi.1985. *Laporan Geologi Lembar Ngawi Jawa Timur Skala 1: 100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Detik.com. 2018 . <https://m.detik.com/news/berita-jawatimur/d153378/semburan-air-dan-lumpur-di-ngawi-30-meter> (diakses 3 September 2018)
- Effendi, Rustam, Slamet Syamsuddin, Wilson S, Sinabela dan Soemarto. 2007. *Medan Elektromagnetika Terapan*. Jakarta : Erlangga
- Florsch, Nicolas. 2018. *Everyday Applied Geophysics 1 : Electrical Methods*. United States : ISTE Press and Elsevier.
- Farid, M. Arif Ismul Hadi dan Fetusianti.2008. *Analisis Resistivitas Batuan Berdasarkan Data Geolistrik untuk Memprediksi Sumber Panas Bumi (Studi Kasus: Daerah Air Putih, Kec. Lebong Kab. Lebong. Prov. Bengkulu)*. Lampung: Jurnal Sains MIPA Vol 14, No.279-84.
- Gasperikova, Erika, Susan S. Hubbard, david B. Watson, Gregory S. Baker, John E. Peterson, Michael B. Kowalsky. Meagan Smith, and Scott Brooks. 2012. *Long-term electrical resistivity monitoring of recharge – induced contaminant plume behavior*. United States: Journal Of Contaminant Hydrology (142-143): 33-49.
- Geomazz. 2012. <http://geomag2.geologi.esdm.go.id/gas-biogenik-sebagai-energi-migas-nonkonvensional/>. (diakses pada 5 Februari 2019)
- Greenhouse & Pehme, 2001; https://id.wikipedia.org/wiki/penghantar_listrik (Diakses 5 Februari 2019).
- Hakim, Arif Rahman, Hairunisa dan Nurjumiati.2017. *Studi Akumulasi Rembesan Air Lindi dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Mapping*. Bima: Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi. Vol.3, No.2: 239-248.
- Hendrajaya, L. 1990. *Pengukuran Resistivitas Bumi pada Satu Titik di Medium Tak Hingga*.Bandung: Laboratorium Fisika Bumi ITB.
- Tejakusuma, Iwan. 2006. *Analisis Pasca Pengeboran*. Cilacap: Pusat Teknologi Sumberdaya Lahan
- Katz, Barry. 2011. *Microbial Processes and Natural Gas Accumulation*. USA. Chevron Energy Technology Company.
- Kementrian Agama Saudi Arabia. 2000.*Tafsir Muyassar*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Kusumadinata, R.P. 1998. *Geologi Minyak dan Gasbumi*. Bandung: Penerbit ITB

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. 2002. *Tafsir Ilmi*. Jakarta: Badan Litbang dan Diklat Kementrian Agama RI, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Medcom.id.2018 .<https://www.google.com/amp/s/www.medcom.id/amp/4boovB-soekarwo-kirim-tim-selidiki-semburan-air-di-ngawi> (diakses pada 3 September 2018).

Oldenburg, Ray.1998. *The Great Good Place (Third place)*. New York: Marlowe & Company

Pemerintah Indonesia. 2006. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pratama, Bayu Satria. 2018.*Neraca Gas Bumi Indonesia*. Jakarta: Kementrian ESDM.

Purwasatriya, Eko Bayu dan Waluyo, Gentur. 2011. *Pembuatan Model Geologi Bawah Permukaan dengan Metode Geolistrik dan Studi Stratigrafi pada Rembesan Gas di Jatilawang, Banyumas*. Dinamika Rekayasa Vol 7 No. 1.

Purwono. 2008. *Proses Pembentukan Minyak Bumi*. <https://geologi.co.id> (Diakses 5 April 2019).

Qilun, Y. 1995. *Preliminary Study Of Unstability off East China Sea Floor*. Geological Hazard and Environmental Studies Of China Offshore Area 14th INQUA Congress, Berlin. Qingdao Ocean University Press.

Rice, D.D, dan Claypool, G.E. 1981. *Generation, accumulation, and resource potential of biogenik gas*. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin. Liberty .

Rice, D.D. 1993.*The Future Of Energi Gases*. Washington : USG Printing Office.

Researchgate.2004.https://www.google.com/amp/s/www.researchgate.net/publication/334228004_Metode_Geolistrik_Resistivitas_Konfigurasi_Wenner_Schlumberger_Dan_Konfigurasi_Dipole_Dipole. (Diakses Pada 7 April 2019).

Schoell, M. 1983, *Genetic Characterization of Natural Gas*, AAPG Bulletin, Volume 67, N0. 12.

Setiawan,Tri Susanto. 2014. *Dongeng Geologi*.<https://geologi.co.i/2014/11/16/semburangas-pada-sumur-air> (Di akses 1 Juli 2019).

Simpén, I Nengah. 2015. *Modul Praktikum Metoda Geolistrik Fakultas Teknik*. Bali : Universitas Udayana.

Telford W.M, Goldrat,L.P, dan Sheriff, R.P., 1990. *Applied Geophysics SecondEdition*. New York : Cambridge University Press.

Tim Muara Kakap. 2005 . *Eksplorasi Prospektif Gas Biogenik Kelautan Perairan Muara Kakap dan Sekitarnya-Kalimantan Barat* . Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.

Vebrianto, Suhendra. 2016. *Eksplorasi Metode Geolistrik : Resistivitas, Polarisasi Terinduksi, dan Potensial Diri* . Malang : UB Press.

Wulandari, Ratna Sri. 2015.*Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA), Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.



LAMPIRAN 1
HASIL AKUISISI DATA LINE 1

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V</u> <u>(mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>
1	1	4	2	3	440	84	-210	6
2	1	7	3	5	423	60	151	9
3	1	10	4	7	412	46	-288	11
4	2	5	3	4	395	79	57	6
5	2	8	4	6	390	52	-86	8
6	2	11	5	8	427	43	-183	10
7	3	6	4	5	509	107	-88	7
8	3	9	5	7	384	47	-42	8
9	3	12	6	9	452	42	-68	9
10	4	7	5	6	493	94	-177	6
11	4	10	6	8	476	57	53	8
12	4	13	7	10	411	42	-84	10
13	5	8	6	7	445	77	-23	5
14	5	11	7	9	495	58	44	7
15	5	14	8	11	388	40	-87	10
16	6	9	7	8	392	74	-55	6
17	6	12	8	10	464	55	79	8
18	6	15	9	12	250	30	-135	11
19	7	10	8	9	459	66	-22	4
20	7	13	9	11	398	51	75	8
21	7	16	10	13	335	35	-104	10
22	8	11	9	10	491	93	-35	6
23	8	14	10	12	386	47	-11	8
24	8	17	11	14	149	19	-78	12
25	9	12	10	11	357	56	-40	5
26	9	15	11	13	233	29	56	8
27	9	18	12	15	174	18	-9	10
28	10	13	11	12	389	66	-104	5
29	10	16	12	14	329	39	93	7
30	10	19	13	16	462	45	-76	9
31	11	14	12	13	425	69	-11	5
32	11	17	13	15	149	23	162	10
33	11	20	14	17	595	56	32	9
34	12	15	13	14	242	40	-70	5
35	12	18	14	16	187	22	83	8
36	12	21	15	18	441	42	-117	9
37	13	16	14	15	297	48	32	5
38	13	19	15	17	397	44	141	7
39	13	22	16	19	363	36	-182	9
40	14	17	15	16	142	26	-168	6
41	14	20	16	18	449	49	76	7
42	14	23	17	20	440	44	-287	9
43	15	18	16	17	189	28	97	5

44	15	21	17	19	240	30	-269	8
45	15	24	18	21	215	23	-228	10
46	16	19	17	18	335	51	-132	5
47	16	22	18	20	310	37	-97	8
48	16	25	19	22	278	28	-22	10
49	17	20	18	19	691	12	22	1
50	17	23	19	21	680	6	-690	1
51	17	26	20	23	682	7	45	1
52	18	21	19	20	687	30	-86	1
53	18	24	20	22	691	17	105	2
54	18	27	21	24	696	17	-52	2
55	19	22	20	21	721	70	41	3
56	19	25	21	23	701	21	42	2
57	19	28	22	25	724	48	299	6
58	20	23	21	22	740	104	-29	4
59	20	26	22	24	735	73	145	6
60	20	29	23	26	730	61	92	8
61	21	24	22	23	706	48	-23	2
62	21	27	23	25	730	59	350	5
63	21	30	24	27	726	57	-105	7
64	22	25	23	24	696	32	-40	1
65	22	28	24	26	716	54	329	5
66	22	31	25	28	716	56	-133	7
67	23	26	24	25	745	102	-7	4
68	23	29	25	27	730	74	-102	6
69	23	32	26	29	716	69	-398	9
70	24	27	25	26	711	54	155	2
71	24	30	26	28	706	44	-323	4
72	24	33	27	30	701	35	29	5
73	25	28	26	27	696	31	-402	1
74	25	31	27	29	687	25	37	2
75	25	34	28	31	686	22	-24	3
76	26	29	27	28	725	107	20	5
77	26	32	28	30	721	85	32	7
78	26	35	29	32	721	66	-50	9
79	27	30	28	29	725	103	-75	4
80	27	33	29	31	721	69	128	6
81	27	36	30	33	730	79	-69	10
82	28	31	29	30	725	120	-35	5
83	28	34	30	32	721	70	93	6
84	28	37	31	34	725	72	-99	9
85	29	32	30	31	730	112	5	5
86	29	35	31	33	721	81	-33	7
87	29	38	32	35	725	79	-126	10
88	30	33	31	32	725	105	-58	5
89	30	36	32	34	740	119	-29	10

90	30	39	33	36	721	86	25	11
91	31	34	32	33	725	113	-88	5
92	31	37	33	35	721	108	1	9
93	31	40	34	37	740	104	-16	13
94	32	35	33	34	721	109	-53	5
95	32	38	34	36	735	104	130	9
96	32	41	35	38	721	93	-14	12
97	33	36	34	35	716	124	-56	5
98	33	39	35	37	716	87	78	8
99	33	42	36	39	725	80	-203	10
100	34	37	35	36	721	106	154	5
101	34	40	36	38	721	96	-130	8
102	34	43	37	40	711	72	0	10
103	35	38	36	37	721	116	-181	5
104	35	41	37	39	735	101	3	9
105	35	44	38	41	716	64	-9	8
106	36	39	37	38	714	143	65	6
107	36	42	38	40	725	133	110	11
108	36	45	39	42	730	91	-6	12
109	37	40	38	39	725	144	-46	6
110	37	43	39	41	730	109	57	9
111	37	46	40	43	726	91	-69	12
112	38	41	39	40	730	147	38	6
113	38	44	40	42	716	92	-18	8
114	38	47	41	44	725	98	-70	13
115	39	42	40	41	721	157	-68	7
116	39	45	41	43	735	100	61	9
117	39	48	42	45	725	97	-91	13
118	40	43	41	42	721	171	-17	7
119	40	46	42	44	735	130	-11	11
120	41	44	42	43	721	136	-46	6
121	41	47	43	45	725	135	-25	12
122	42	45	43	44	735	166	-96	7
123	42	48	44	46	740	131	89	11
124	43	46	44	45	721	171	-50	7
125	44	47	45	46	711	124	-44	5
126	45	48	46	47	725	159	-25	7

LINE
2

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>
1	1	4	2	3	218	37	-230	5
2	1	7	3	5	294	40	-120	8
3	1	10	4	7	162	19	-152	11
4	2	5	3	4	207	43	-161	7
5	2	8	4	6	244	32	417	8
6	2	11	5	8	223	28	108	12
7	3	6	4	5	176	18	34	3
8	3	9	5	7	114	10	189	5

9	3	12	6	9	57	80	-220	135
10	4	7	5	6	249	43	154	5
11	4	10	6	8	277	36	154	8
12	4	13	7	10	172	19	-246	11
13	5	8	6	7	201	36	-350	6
14	5	11	7	9	170	27	56	10
15	5	14	8	11	172	18	-216	10
16	6	9	7	8	141	27	1	6
17	6	12	8	10	161	22	-216	8
18	6	15	9	12	227	24	-165	10
19	7	10	8	9	175	34	-171	6
20	7	13	9	11	214	26	-35	8
21	7	16	10	13	288	31	-67	10
22	8	11	9	10	248	44	-241	6
23	8	14	10	12	255	32	172	8
24	8	17	11	14	344	37	-145	10
25	9	12	10	11	250	40	39	5
26	9	15	11	13	275	29	-74	7
27	9	18	12	15	292	31	-173	10
28	10	13	11	12	259	46	-5	6
29	10	16	12	14	159	19	-47	8
30	10	19	13	16	164	18	-69	10
31	11	14	12	13	204	34	-171	5
32	11	17	13	15	257	32	22	8
33	11	20	14	17	259	27	-27	10
34	12	15	13	14	247	42	-35	5
35	12	18	14	16	150	18	178	7
36	12	21	15	18	172	18	-14	10
37	13	16	14	15	189	33	-33	5
38	13	19	15	17	197	24	2	8
39	13	22	16	19	238	25	-69	10
40	14	17	15	16	264	44	21	5
41	14	20	16	18	265	33	11	8
42	14	23	17	20	228	25	-94	10
43	15	18	16	17	203	33	-160	5
44	15	21	17	19	249	32	66	8
45	15	24	18	21	251	27	38	10
46	16	19	17	18	256	44	32	5
47	16	22	18	20	331	41	24	8
48	16	25	19	22	156	17	73	10
49	17	20	18	19	365	65	-90	6
50	17	23	19	21	295	35	198	8
51	17	26	20	23	361	38	-34	10
52	18	21	19	20	356	62	-39	5
53	18	24	20	22	361	43	226	8
54	18	27	21	24	240	26	-166	10

55	19	22	20	21	357	58	16	5
56	19	25	21	23	162	21	1	8
57	19	28	22	25	216	24	-254	10
58	20	23	21	22	299	52	69	5
59	20	26	22	24	369	48	-99	8
60	20	29	23	26	260	27	-138	10
61	21	24	22	23	552	94	-230	5
62	21	27	23	25	310	39	52	8
63	21	30	24	27	125	23	-82	18
64	22	25	23	24	186	33	-94	6
65	22	28	24	26	267	32	-31	8
66	22	31	25	28	344	36	-127	10
67	23	26	24	25	298	50	-17	5
68	23	29	25	27	224	27	-48	8
69	23	32	26	29	208	23	-30	11
70	24	27	25	26	314	55	-160	6
71	24	30	26	28	122	30	91	15
72	24	33	27	30	238	18	-67	7
73	25	28	26	27	269	47	-36	6
74	25	31	27	29	158	20	193	8
75	25	34	28	31	260	26	-172	9
76	26	29	27	28	261	43	-1	5
77	26	32	28	30	238	26	64	7
78	26	35	29	32	274	32	-139	11
79	27	30	28	29	116	28	-54	8
80	27	33	29	31	220	28	-148	8
81	27	36	30	33	159	19	-107	11
82	28	31	29	30	210	32	-75	5
83	28	34	30	32	171	19	4	7
84	28	37	31	34	170	17	37	10
85	29	32	30	31	189	32	-214	5
86	29	35	31	33	258	46	239	11
87	29	38	32	35	108	29	-10	25
88	30	33	31	32	80	12	65	5
89	30	36	32	34	97	11	94	7
90	30	39	33	36	41	5	189	12
91	31	34	32	33	199	36	-27	6
92	31	37	33	35	198	21	182	7
93	31	40	34	37	206	23	-43	10
94	32	35	33	34	251	31	-102	4
95	32	38	34	36	99	21	108	13
96	32	41	35	38	38	51	43	127
97	33	36	34	35	191	29	80	5
98	33	39	35	37	159	20	-48	8
99	33	42	36	39	250	89	50	33
100	34	37	35	36	163	28	-240	5

101	34	40	36	38	188	46	142	15
102	34	43	37	40	147	37	161	24
103	35	38	36	37	81	35	-25	14
104	35	41	37	39	44	80	-363	114
105	35	44	38	41	230	67	-68	28
106	36	39	37	38	132	49	-178	12
107	36	42	38	40	199	25	292	8
108	36	45	39	42	198	17	-164	8
109	37	40	38	39	187	70	11	12
110	37	43	39	41	137	84	-48	39
111	37	46	40	43	267	27	-19	9
112	38	41	39	40	23	18	-83	25
113	38	44	40	42	78	9	26	7
114	38	47	41	44	70	89	-114	121
115	39	42	40	41	178	479	-209	85
116	39	45	41	43	70	85	86	76
117	39	48	42	45	91	18	-137	19
118	40	43	41	42	156	30	-1	6
119	40	46	42	44	219	28	-42	8
120	41	44	42	43	49	22	43	14
121	41	47	43	45	42	13	303	20
122	42	45	43	44	180	39	-259	7
123	42	48	44	46	221	34	447	10
124	43	46	44	45	132	25	375	6
125	44	47	45	46	291	66	-323	7
126	45	48	46	47	209	51	-308	8

LINE 3

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>
1	1	4	2	3	449	106	275	7
2	1	7	3	5	517	60	19	7
3	1	10	4	7	273	29	-143	10
4	2	5	3	4	486	64	-113	4
5	2	8	4	6	512	57	98	7
6	2	11	5	8	306	32	126	10
7	3	6	4	5	492	83	-205	5
8	3	9	5	7	492	63	254	8
9	3	12	6	9	283	31	-118	10
10	4	7	5	6	560	91	-84	5
11	4	10	6	8	285	37	293	8
12	4	13	7	10	240	27	-409	10

13	5	8	6	7	436	75	132	5
14	5	11	7	9	277	35	17	8
15	5	14	8	11	292	32	-365	10
16	6	9	7	8	463	88	8	6
17	6	12	8	10	273	35	-311	8
18	6	15	9	12	395	46	-62	11
19	7	10	8	9	313	53	-188	5
20	7	13	9	11	258	37	-27	9
21	7	16	10	13	323	37	37	11
22	8	11	9	10	283	59	-370	7
23	8	14	10	12	299	42	442	9
24	8	17	11	14	262	31	-102	11
25	9	12	10	11	272	53	106	6
26	9	15	11	13	395	53	129	8
27	9	18	12	15	252	28	-304	10
28	10	13	11	12	179	40	62	7
29	10	16	12	14	207	28	-67	9
30	10	19	13	16	197	21	-334	10
31	11	14	12	13	214	41	-179	6
32	11	17	13	15	263	36	-98	9
33	11	20	14	17	242	25	-98	10
34	12	15	13	14	248	55	-168	7
35	12	18	14	16	185	24	-154	8
36	12	21	15	18	205	23	-115	10
37	13	16	14	15	183	37	-153	6
38	13	19	15	17	175	22	56	8
39	13	22	16	19	179	21	-47	11
40	14	17	15	16	273	62	-207	7
41	14	20	16	18	254	36	69	9
42	14	23	17	20	193	24	-211	12
43	15	18	16	17	231	53	100	7
44	15	21	17	19	266	41	-143	10
45	15	24	18	21	276	31	-84	11
46	16	19	17	18	201	48	-197	7
47	16	22	18	20	207	31	207	9
48	16	25	19	22	268	31	-71	11
49	17	20	18	19	154	40	-74	8
50	17	23	19	21	253	35	74	9
51	17	26	20	23	265	31	-185	11
52	18	21	19	20	193	49	121	8
53	18	24	20	22	198	29	-98	9
54	18	27	21	24	160	19	-123	11
55	19	22	20	21	196	53	-201	8
56	19	25	21	23	259	43	55	10
57	19	28	22	25	194	22	-36	11
58	20	23	21	22	216	59	-51	9

59	20	26	22	24	239	36	-5	9
60	20	29	23	26	337	41	-127	11
61	21	24	22	23	223	66	-86	9
62	21	27	23	25	174	25	141	9
63	21	30	24	27	249	31	-37	12
64	22	25	23	24	261	70	-102	8
65	22	28	24	26	200	32	15	10
66	22	31	25	28	229	30	-114	12
67	23	26	24	25	185	43	66	7
68	23	29	25	27	237	40	-26	11
69	23	32	26	29	216	26	-16	12
70	24	27	25	26	178	59	-215	10
71	24	30	26	28	257	43	94	11
72	24	33	27	30	169	22	-121	12
73	25	28	26	27	257	56	15	7
74	25	31	27	29	275	43	-13	10
75	25	34	28	31	234	35	-111	14
76	26	29	27	28	265	85	-40	10
77	26	32	28	30	240	41	22	11
78	26	35	29	32	181	27	-66	14
79	27	30	28	29	192	53	-83	9
80	27	33	29	31	266	61	122	15
81	27	36	30	33	260	40	-71	14
82	28	31	29	30	226	65	-13	9
83	28	34	30	32	169	39	124	14
84	28	37	31	34	164	24	-163	14
85	29	32	30	31	339	146	-60	14
86	29	35	31	33	229	44	24	12
87	29	38	32	35	161	26	-113	15
88	30	33	31	32	180	65	-75	11
89	30	36	32	34	174	39	-124	14
90	30	39	33	36	209	35	-42	16
91	31	34	32	33	187	71	-105	12
92	31	37	33	35	180	48	-13	17
93	31	40	34	37	206	39	81	18
94	32	35	33	34	208	92	-159	14
95	32	38	34	36	279	70	179	16
96	32	41	35	38	202	38	129	18
97	33	36	34	35	249	100	-8	13
98	33	39	35	37	276	67	325	15
99	33	42	36	39	257	46	-209	17
100	34	37	35	36	270	94	97	11
101	34	40	36	38	158	39	175	16
102	34	43	37	40	268	51	-299	18
103	35	38	36	37	238	98	78	13
104	35	41	37	39	159	38	-240	15

105	35	44	38	41	258	50	-270	18
106	36	39	37	38	269	95	-114	11
107	36	42	38	40	250	62	-261	15
108	36	45	39	42	273	50	-28	17
109	37	40	38	39	152	57	-263	12
110	37	43	39	41	261	70	5	17
111	37	46	40	43	260	47	69	17
112	38	41	39	40	232	91	-114	12
113	38	44	40	42	209	51	197	15
114	38	47	41	44	246	45	65	17
115	39	42	40	41	278	104	37	12
116	39	45	41	43	166	36	193	14
117	39	48	42	45	158	28	-112	17
118	40	43	41	42	152	58	26	12
119	40	46	42	44	151	36	144	15
120	41	44	42	43	255	78	-75	10
121	41	47	43	45	173	48	-34	17
122	42	45	43	44	151	61	16	13
123	42	48	44	46	271	65	-172	15
124	43	46	44	45	258	102	-228	12
125	44	47	45	46	273	107	-135	12
126	45	48	46	47	162	81	-43	16

LINE 4

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>
1	1	4	2	3	367	70	-88	6
2	1	7	3	5	387	49	0	8
3	1	10	4	7	316	34	-345	10
4	2	5	3	4	420	79	-82	6
5	2	8	4	6	461	58	95	8
6	2	11	5	8	349	37	-161	10
7	3	6	4	5	431	80	-207	6
8	3	9	5	7	489	62	-4	8
9	3	12	6	9	441	45	-138	10
10	4	7	5	6	438	82	-110	6
11	4	10	6	8	348	44	-24	8
12	4	13	7	10	332	34	-138	10
13	5	8	6	7	529	95	-103	6
14	5	11	7	9	387	47	-37	8
15	5	14	8	11	412	42	-89	10
16	6	9	7	8	535	99	-135	6
17	6	12	8	10	477	57	40	7

18	6	15	9	12	583	59	-56	10
19	7	10	8	9	367	62	-72	5
20	7	13	9	11	349	42	196	8
21	7	16	10	13	574	58	-42	10
22	8	11	9	10	424	75	-48	6
23	8	14	10	12	453	55	143	8
24	8	17	11	14	177	21	-73	11
25	9	12	10	11	553	91	42	5
26	9	15	11	13	700	83	67	7
27	9	18	12	15	312	35	-74	11
28	10	13	11	12	289	49	-174	5
29	10	16	12	14	430	51	261	7
30	10	19	13	16	405	46	-9	11
31	11	14	12	13	344	57	-54	5
32	11	17	13	15	169	23	105	8
33	11	20	14	17	448	49	42	10
34	12	15	13	14	606	100	25	5
35	12	18	14	16	290	39	-38	9
36	12	21	15	18	588	60	-177	10
37	13	16	14	15	407	73	-234	6
38	13	19	15	17	386	46	255	8
39	13	22	16	19	383	39	-151	10
40	14	17	15	16	171	32	-61	6
41	14	20	16	18	484	59	-63	8
42	14	23	17	20	413	44	-354	10
43	15	18	16	17	326	53	109	5
44	15	21	17	19	760	99	-181	8
45	15	24	18	21	696	76	-155	10
46	16	19	17	18	680	128	-367	6
47	16	22	18	20	667	86	121	8
48	16	25	19	22	627	67	-58	10
49	17	20	18	19	179	31	-142	5
50	17	23	19	21	174	21	182	8
51	17	26	20	23	286	33	-502	11
52	18	21	19	20	323	52	340	5
53	18	24	20	22	310	38	-329	8
54	18	27	21	24	175	19	-130	10
55	19	22	20	21	618	115	-329	6
56	19	25	21	23	584	71	-35	8
57	19	28	22	25	210	22	-124	10
58	20	23	21	22	573	92	-170	5
59	20	26	22	24	194	24	78	8
60	20	29	23	26	306	31	34	9
61	21	24	22	23	675	124	-98	6
62	21	27	23	25	247	28	151	7
63	21	30	24	27	193	19	-115	9

64	22	25	23	24	578	102	-77	6
65	22	28	24	26	207	26	316	8
66	22	31	25	28	177	21	-130	11
67	23	26	24	25	181	28	-19	5
68	23	29	25	27	275	34	-109	8
69	23	32	26	29	404	43	-357	10
70	24	27	25	26	238	48	77	6
71	24	30	26	28	189	26	-240	9
72	24	33	27	30	577	73	-71	12
73	25	28	26	27	200	33	-425	5
74	25	31	27	29	175	28	25	10
75	25	34	28	31	539	65	-13	11
76	26	29	27	28	272	55	8	6
77	26	32	28	30	169	23	26	8
78	26	35	29	32	190	21	-33	10
79	27	30	28	29	250	53	-81	7
80	27	33	29	31	230	32	315	9
81	27	36	30	33	237	22	25	9
82	28	31	29	30	290	68	-37	7
83	28	34	30	32	194	23	43	8
84	28	37	31	34	200	18	-273	8
85	29	32	30	31	249	53	116	7
86	29	35	31	33	296	30	-19	6
87	29	38	32	35	287	28	11	9
88	30	33	31	32	184	35	-292	6
89	30	36	32	34	188	22	-5	7
90	30	39	33	36	187	22	36	11
91	31	34	32	33	174	27	149	5
92	31	37	33	35	175	22	-127	8
93	31	40	34	37	173	21	133	11
94	32	35	33	34	453	88	-257	6
95	32	38	34	36	433	56	316	8
96	32	41	35	38	415	42	-61	9
97	33	36	34	35	576	91	-106	5
98	33	39	35	37	571	67	339	7
99	33	42	36	39	533	51	-124	9
100	34	37	35	36	580	97	22	5
101	34	40	36	38	542	61	-51	7
102	34	43	37	40	542	53	-89	9
103	35	38	36	37	601	98	-149	5
104	35	41	37	39	564	66	44	7
105	35	44	38	41	611	61	-44	9
106	36	39	37	38	610	93	-76	5
107	36	42	38	40	566	69	38	8
108	36	45	39	42	1151	48	-354	6
109	37	40	38	39	592	100	-11	5

110	37	43	39	41	590	70	35	7
111	37	46	40	43	599	58	-98	9
112	38	41	39	40	538	88	-92	5
113	38	44	40	42	578	67	72	7
114	38	47	41	44	551	53	7	9
115	39	42	40	41	563	92	34	5
116	39	45	41	43	719	68	-33	6
117	39	48	42	45	623	906	-14	137
118	40	43	41	42	553	93	-140	5
119	40	46	42	44	705	72	127	6
120	40	49	43	46	726	68	-269	9
121	41	44	42	43	716	80	19	4
122	41	47	43	45	731	68	-13	6
123	41	50	44	47	735	65	-124	8
124	42	45	43	44	726	92	-122	4
125	42	48	44	46	735	80	-32	7
126	42	51	45	48	731	66	14	9
127	43	46	44	45	731	111	-174	5
128	43	49	45	47	740	85	93	7
129	43	52	46	49	716	72	-32	9
130	44	47	45	46	735	92	37	4
131	44	50	46	48	726	78	7	7
132	44	53	47	50	731	67	-43	9
133	45	48	46	47	750	126	-36	5
134	45	51	47	49	740	90	54	8
135	45	54	48	51	731	82	-66	11
136	46	49	47	48	745	130	-52	6
137	46	52	48	50	735	96	72	8
138	46	55	49	52	731	86	-128	11
139	47	50	48	49	721	127	0	6
140	47	53	49	51	745	99	-16	8
141	47	56	50	53	726	79	-72	10
142	48	51	49	50	745	133	-44	6
143	48	54	50	52	726	114	-28	10
144	48	57	51	54	691	63	-68	9
145	49	52	50	51	721	141	-79	6
146	49	55	51	53	726	117	53	10
147	49	58	52	55	696	77	-59	10
148	50	53	51	52	741	142	-53	6
149	50	56	52	54	726	109	28	9
150	50	59	53	56	721	82	6	11
151	51	54	52	53	735	147	-15	6
152	51	57	53	55	721	78	-11	7
153	51	60	54	57	726	82	-12	11
154	52	55	53	54	731	146	-49	6
155	52	58	54	56	726	93	277	8

156	52	61	55	58	696	72	-57	10
157	53	56	54	55	706	143	-66	6
158	53	59	55	57	706	101	101	9
159	53	62	56	59	701	80	-243	11
160	54	57	55	56	687	103	176	5
161	54	60	56	58	692	110	-235	10
162	54	63	57	60	701	90	41	12
163	55	58	56	57	682	122	-227	6
164	55	61	57	59	716	97	-28	9
165	55	64	58	61	706	47	197	6
166	56	59	57	58	726	127	-133	6
167	56	62	58	60	1082	96	336	6
168	57	60	58	59	701	99	-54	4
169	57	63	59	61	701	75	388	7
170	58	61	59	60	677	108	213	5
171	58	64	60	62	662	48	-266	5
172	59	62	60	61	682	113	-16	5
173	60	63	61	62	696	127	-429	6
174	61	64	62	63	647	62	15	3
175	65	68	66	67	651	230	0	11

LAMPIRAN 2

HASIL INVERSI DATA DARI SOFTWARE RES2DINV

X- LOCATION	Y- LOCATION	Resistivity
7.50	-1.25	5.15
12.50	-1.25	5.99
17.50	-1.25	6.40
22.50	-1.25	5.18
27.50	-1.25	4.22
32.50	-1.25	4.25
37.50	-1.25	3.23
42.50	-1.25	4.96
47.50	-1.25	4.23
52.50	-1.25	3.89
57.50	-1.25	4.27
62.50	-1.25	4.08
67.50	-1.25	3.60
72.50	-1.25	3.62
77.50	-1.25	2.94

82.50	-1.25	4.10
87.50	-1.25	6.78
92.50	-1.25	3.69
97.50	-1.25	4.42
102.50	-1.25	3.96
107.50	-1.25	4.72
112.50	-1.25	4.39
117.50	-1.25	3.26
122.50	-1.25	4.69
127.50	-1.25	6.39
132.50	-1.25	6.31
137.50	-1.25	4.67
142.50	-1.25	4.35
147.50	-1.25	2.91
152.50	-1.25	2.47
157.50	-1.25	2.93
162.50	-1.25	3.73
167.50	-1.25	4.28
172.50	-1.25	2.73
177.50	-1.25	2.87
182.50	-1.25	4.74
187.50	-1.25	5.67
192.50	-1.25	5.55
197.50	-1.25	5.59
202.50	-1.25	5.04
207.50	-1.25	4.46
212.50	-1.25	7.80
217.50	-1.25	6.83
222.50	-1.25	3.40
227.50	-1.25	3.96
7.50	-3.87	5.12
12.50	-3.87	5.62
17.50	-3.87	7.11
22.50	-3.87	5.18
27.50	-3.87	5.32
32.50	-3.87	5.10
37.50	-3.87	5.08
42.50	-3.87	5.33
47.50	-3.87	3.43
52.50	-3.87	7.08

57.50	-3.87	3.25
62.50	-3.87	5.32
67.50	-3.87	5.39
72.50	-3.87	5.13
77.50	-3.87	4.94
82.50	-3.87	4.64
87.50	-3.87	4.01
92.50	-3.87	4.97
97.50	-3.87	7.35
102.50	-3.87	3.22
107.50	-3.87	3.06
112.50	-3.87	5.36
117.50	-3.87	3.58
122.50	-3.87	6.39
127.50	-3.87	7.31
132.50	-3.87	1.24
137.50	-3.87	5.61
142.50	-3.87	5.71
147.50	-3.87	4.54
152.50	-3.87	5.44
157.50	-3.87	7.20
162.50	-3.87	3.83
167.50	-3.87	3.59
172.50	-3.87	7.81
177.50	-3.87	8.14
182.50	-3.87	4.52
187.50	-3.87	3.62
192.50	-3.87	8.57
197.50	-3.87	5.32
202.50	-3.87	10.08
207.50	-3.87	9.03
212.50	-3.87	4.23
217.50	-3.87	6.33
222.50	-3.87	9.94
227.50	-3.87	8.25
12.50	-6.76	7.18
17.50	-6.76	10.45
22.50	-6.76	8.31
27.50	-6.76	8.59
32.50	-6.76	8.79

37.50	-6.76	9.62
42.50	-6.76	8.27
47.50	-6.76	5.83
52.50	-6.76	22.01
57.50	-6.76	7.41
62.50	-6.76	9.08
67.50	-6.76	9.42
72.50	-6.76	10.00
77.50	-6.76	10.76
82.50	-6.76	8.93
87.50	-6.76	5.93
92.50	-6.76	10.97
97.50	-6.76	17.42
102.50	-6.76	3.99
107.50	-6.76	3.04
112.50	-6.76	6.48
117.50	-6.76	5.58
122.50	-6.76	8.31
127.50	-6.76	7.22
132.50	-6.76	0.85
137.50	-6.76	5.48
142.50	-6.76	9.93
147.50	-6.76	12.43
152.50	-6.76	18.26
157.50	-6.76	27.86
162.50	-6.76	8.92
167.50	-6.76	7.49
172.50	-6.76	36.15
177.50	-6.76	27.47
182.50	-6.76	8.14
187.50	-6.76	4.46
192.50	-6.76	6.51
197.50	-6.76	10.81
202.50	-6.76	37.11
207.50	-6.76	17.90
212.50	-6.76	2.47
217.50	-6.76	14.52
222.50	-6.76	22.95
17.50	-9.94	22.73
22.50	-9.94	18.70

27.50	-9.94	21.85
32.50	-9.94	25.33
37.50	-9.94	24.79
42.50	-9.94	16.78
47.50	-9.94	11.56
52.50	-9.94	81.26
57.50	-9.94	21.46
62.50	-9.94	26.79
67.50	-9.94	33.52
72.50	-9.94	39.37
77.50	-9.94	38.86
82.50	-9.94	24.99
87.50	-9.94	15.92
92.50	-9.94	33.68
97.50	-9.94	58.65
102.50	-9.94	7.19
107.50	-9.94	5.58
112.50	-9.94	11.09
117.50	-9.94	11.45
122.50	-9.94	13.82
127.50	-9.94	11.20
132.50	-9.94	3.09
137.50	-9.94	11.73
142.50	-9.94	29.64
147.50	-9.94	48.26
152.50	-9.94	70.84
157.50	-9.94	112.96
162.50	-9.94	16.17
167.50	-9.94	11.62
172.50	-9.94	145.59
177.50	-9.94	89.88
182.50	-9.94	33.78
187.50	-9.94	29.39
192.50	-9.94	28.54
197.50	-9.94	35.71
202.50	-9.94	92.83
207.50	-9.94	19.37
212.50	-9.94	1.02
217.50	-9.94	39.31

HASIL INVERSI DATA LINE 2 DARI SOFTWARE RES2DINV

X- LOCATION	Y- LOCATION	Resistivity
7.50	-1.25	4.50
12.50	-1.25	7.89
17.50	-1.25	6.15
22.50	-1.25	4.10
27.50	-1.25	3.55
32.50	-1.25	3.76

37.50	-1.25	4.21
42.50	-1.25	4.06
47.50	-1.25	3.68
52.50	-1.25	4.60
57.50	-1.25	4.86
62.50	-1.25	5.05
67.50	-1.25	5.30
72.50	-1.25	4.42
77.50	-1.25	3.67
82.50	-1.25	3.81
87.50	-1.25	3.92
92.50	-1.25	3.86
97.50	-1.25	4.03
102.50	-1.25	4.54
107.50	-1.25	4.45
112.50	-1.25	4.77
117.50	-1.25	3.70
122.50	-1.25	3.83
127.50	-1.25	4.08
132.50	-1.25	4.53
137.50	-1.25	4.12
142.50	-1.25	3.86
147.50	-1.25	4.00
152.50	-1.25	3.58
157.50	-1.25	3.29
162.50	-1.25	2.37
167.50	-1.25	3.71
172.50	-1.25	4.42
177.50	-1.25	2.06
182.50	-1.25	1.06
187.50	-1.25	5.68
192.50	-1.25	1.92
197.50	-1.25	7.37
202.50	-1.25	2.71
207.50	-1.25	4.00
212.50	-1.25	7.05
217.50	-1.25	4.98
222.50	-1.25	5.86
227.50	-1.25	5.81
7.50	-3.87	8.14

12.50	-3.87	3.42
17.50	-3.87	2.94
22.50	-3.87	6.10
27.50	-3.87	5.74
32.50	-3.87	7.58
37.50	-3.87	6.30
42.50	-3.87	4.09
47.50	-3.87	6.84
52.50	-3.87	4.66
57.50	-3.87	3.48
62.50	-3.87	7.17
67.50	-3.87	4.32
72.50	-3.87	3.30
77.50	-3.87	6.05
82.50	-3.87	5.00
87.50	-3.87	5.26
92.50	-3.87	6.09
97.50	-3.87	3.77
102.50	-3.87	5.01
107.50	-3.87	5.99
112.50	-3.87	3.02
117.50	-3.87	8.44
122.50	-3.87	4.91
127.50	-3.87	8.06
132.50	-3.87	3.49
137.50	-3.87	4.97
142.50	-3.87	3.68
147.50	-3.87	5.69
152.50	-3.87	3.62
157.50	-3.87	12.06
162.50	-3.87	1.73
167.50	-3.87	6.13
172.50	-3.87	10.88
177.50	-3.87	3.20
182.50	-3.87	2.59
187.50	-3.87	7.12
192.50	-3.87	3.13
197.50	-3.87	5.43
202.50	-3.87	2.67
207.50	-3.87	4.27

212.50	-3.87	4.68
217.50	-3.87	8.13
222.50	-3.87	3.46
227.50	-3.87	8.25
12.50	-6.76	4.52
17.50	-6.76	5.92
22.50	-6.76	12.41
27.50	-6.76	21.65
32.50	-6.76	19.24
37.50	-6.76	11.45
42.50	-6.76	8.60
47.50	-6.76	12.07
52.50	-6.76	8.25
57.50	-6.76	4.84
62.50	-6.76	7.44
67.50	-6.76	6.05
72.50	-6.76	7.51
77.50	-6.76	13.29
82.50	-6.76	11.47
87.50	-6.76	12.43
92.50	-6.76	12.88
97.50	-6.76	7.86
102.50	-6.76	10.08
107.50	-6.76	13.01
112.50	-6.76	4.20
117.50	-6.76	16.92
122.50	-6.76	14.82
127.50	-6.76	13.31
132.50	-6.76	4.90
137.50	-6.76	5.30
142.50	-6.76	6.26
147.50	-6.76	10.73
152.50	-6.76	17.90
157.50	-6.76	58.12
162.50	-6.76	3.81
167.50	-6.76	19.54
172.50	-6.76	33.75
177.50	-6.76	14.00
182.50	-6.76	10.31
187.50	-6.76	13.75



192.50	-6.76	7.36
197.50	-6.76	5.85
202.50	-6.76	3.65
207.50	-6.76	4.33
212.50	-6.76	6.36
217.50	-6.76	21.71
222.50	-6.76	11.63
17.50	-9.94	38.93
22.50	-9.94	13.55
27.50	-9.94	64.50
32.50	-9.94	61.14
37.50	-9.94	38.77
42.50	-9.94	26.64
47.50	-9.94	26.31
52.50	-9.94	20.23
57.50	-9.94	12.55
62.50	-9.94	13.07
67.50	-9.94	12.89
72.50	-9.94	23.04
77.50	-9.94	44.21
82.50	-9.94	49.10
87.50	-9.94	51.53
92.50	-9.94	43.16
97.50	-9.94	23.71
102.50	-9.94	22.98
107.50	-9.94	34.44
112.50	-9.94	7.21
117.50	-9.94	31.04
122.50	-9.94	41.81
127.50	-9.94	33.43
132.50	-9.94	14.27
137.50	-9.94	14.45
142.50	-9.94	16.98
147.50	-9.94	26.62
152.50	-9.94	130.25
157.50	-9.94	351.37
162.50	-9.94	5.87
167.50	-9.94	53.67
172.50	-9.94	107.15
177.50	-9.94	69.85



182.50	-9.94	47.85
187.50	-9.94	41.19
192.50	-9.94	22.55
197.50	-9.94	10.90
202.50	-9.94	7.04
207.50	-9.94	4.66
212.50	-9.94	11.96
217.50	-9.94	159.31



HASIL INVERSI DATA LINE 3 DARI SOFTWARE RES2DINV

X- LOCATION	Y- LOCATION	Resistivity
7.50	-1.25	6.64
12.50	-1.25	2.94
17.50	-1.25	3.58
22.50	-1.25	3.54
27.50	-1.25	3.78
32.50	-1.25	4.99
37.50	-1.25	4.68
42.50	-1.25	5.01
47.50	-1.25	4.49
52.50	-1.25	5.68
57.50	-1.25	5.87
62.50	-1.25	7.29
67.50	-1.25	6.10
72.50	-1.25	6.42
77.50	-1.25	6.28
82.50	-1.25	7.38
87.50	-1.25	10.06
92.50	-1.25	9.53
97.50	-1.25	8.82
102.50	-1.25	8.95
107.50	-1.25	9.97
112.50	-1.25	7.91
117.50	-1.25	7.60
122.50	-1.25	11.93
127.50	-1.25	6.56
132.50	-1.25	9.35
137.50	-1.25	7.79
142.50	-1.25	8.63
147.50	-1.25	14.70
152.50	-1.25	8.93
157.50	-1.25	7.85
162.50	-1.25	11.40
167.50	-1.25	10.14
172.50	-1.25	8.13
177.50	-1.25	10.08
182.50	-1.25	8.11

187.50	-1.25	8.75
192.50	-1.25	10.24
197.50	-1.25	8.72
202.50	-1.25	7.56
207.50	-1.25	6.63
212.50	-1.25	12.67
217.50	-1.25	12.74
222.50	-1.25	10.06
227.50	-1.25	12.99
7.50	-3.87	6.59
12.50	-3.87	4.05
17.50	-3.87	4.61
22.50	-3.87	4.05
27.50	-3.87	11.54
32.50	-3.87	5.43
37.50	-3.87	3.70
42.50	-3.87	6.56
47.50	-3.87	8.40
52.50	-3.87	5.43
57.50	-3.87	5.60
62.50	-3.87	5.13
67.50	-3.87	6.58
72.50	-3.87	5.80
77.50	-3.87	6.12
82.50	-3.87	8.62
87.50	-3.87	5.20
92.50	-3.87	5.87
97.50	-3.87	7.24
102.50	-3.87	10.60
107.50	-3.87	8.77
112.50	-3.87	7.02
117.50	-3.87	6.21
122.50	-3.87	6.69
127.50	-3.87	11.18
132.50	-3.87	7.69
137.50	-3.87	6.49
142.50	-3.87	10.56
147.50	-3.87	13.14
152.50	-3.87	13.00
157.50	-3.87	21.66

162.50	-3.87	13.32
167.50	-3.87	16.82
172.50	-3.87	14.44
177.50	-3.87	10.92
182.50	-3.87	12.88
187.50	-3.87	13.89
192.50	-3.87	10.10
197.50	-3.87	15.03
202.50	-3.87	15.81
207.50	-3.87	9.57
212.50	-3.87	11.13
217.50	-3.87	10.53
222.50	-3.87	11.71
227.50	-3.87	21.39
12.50	-6.76	10.94
17.50	-6.76	8.33
22.50	-6.76	4.57
27.50	-6.76	11.39
32.50	-6.76	6.79
37.50	-6.76	6.10
42.50	-6.76	15.52
47.50	-6.76	23.17
52.50	-6.76	7.09
57.50	-6.76	8.02
62.50	-6.76	8.02
67.50	-6.76	7.15
72.50	-6.76	4.96
77.50	-6.76	6.39
82.50	-6.76	11.66
87.50	-6.76	7.37
92.50	-6.76	6.67
97.50	-6.76	5.57
102.50	-6.76	6.16
107.50	-6.76	6.84
112.50	-6.76	8.82
117.50	-6.76	9.93
122.50	-6.76	8.67
127.50	-6.76	12.81
132.50	-6.76	7.14
137.50	-6.76	6.61

142.50	-6.76	14.85
147.50	-6.76	16.36
152.50	-6.76	23.65
157.50	-6.76	37.66
162.50	-6.76	20.46
167.50	-6.76	33.22
172.50	-6.76	16.56
177.50	-6.76	17.28
182.50	-6.76	32.97
187.50	-6.76	28.25
192.50	-6.76	17.30
197.50	-6.76	29.41
202.50	-6.76	33.94
207.50	-6.76	18.56
212.50	-6.76	13.45
217.50	-6.76	13.02
222.50	-6.76	21.52
17.50	-9.94	27.01
22.50	-9.94	8.08
27.50	-9.94	29.91
32.50	-9.94	19.87
37.50	-9.94	18.13
42.50	-9.94	41.39
47.50	-9.94	73.76
52.50	-9.94	8.35
57.50	-9.94	12.84
62.50	-9.94	21.12
67.50	-9.94	21.25
72.50	-9.94	18.16
77.50	-9.94	22.61
82.50	-9.94	32.03
87.50	-9.94	19.12
92.50	-9.94	15.61
97.50	-9.94	14.50
102.50	-9.94	15.16
107.50	-9.94	16.88
112.50	-9.94	23.43
117.50	-9.94	27.42
122.50	-9.94	22.71
127.50	-9.94	23.32

132.50	-9.94	7.51
137.50	-9.94	6.54
142.50	-9.94	17.71
147.50	-9.94	15.57
152.50	-9.94	28.70
157.50	-9.94	37.62
162.50	-9.94	13.71
167.50	-9.94	26.01
172.50	-9.94	3.54
177.50	-9.94	15.02
182.50	-9.94	66.65
187.50	-9.94	51.55
192.50	-9.94	29.06
197.50	-9.94	47.03
202.50	-9.94	56.52
207.50	-9.94	28.23
212.50	-9.94	15.36
217.50	-9.94	19.05



HASIL INVERSI DATA LINE 4 DARI SOFTWARE RES2DINV

X- LOCATION	Y-LOCATION	Resistivity
7.50	-1.25	4.87
12.50	-1.25	4.81
17.50	-1.25	4.96
22.50	-1.25	5.51
27.50	-1.25	5.17
32.50	-1.25	4.78
37.50	-1.25	4.01
42.50	-1.25	4.14
47.50	-1.25	3.80
52.50	-1.25	4.17
57.50	-1.25	4.48
62.50	-1.25	4.39
67.50	-1.25	4.91
72.50	-1.25	4.42
77.50	-1.25	3.06
82.50	-1.25	3.79
87.50	-1.25	4.13
92.50	-1.25	4.57
97.50	-1.25	5.90
102.50	-1.25	5.06
107.50	-1.25	5.30
112.50	-1.25	4.45
117.50	-1.25	3.33
122.50	-1.25	4.41
127.50	-1.25	4.11

132.50	-1.25	5.70
137.50	-1.25	8.00
142.50	-1.25	8.13
147.50	-1.25	6.48
152.50	-1.25	5.02
157.50	-1.25	4.43
162.50	-1.25	6.03
167.50	-1.25	4.55
172.50	-1.25	4.59
177.50	-1.25	3.80
182.50	-1.25	3.08
187.50	-1.25	3.63
192.50	-1.25	3.83
197.50	-1.25	4.04
202.50	-1.25	4.40
207.50	-1.25	2.39
212.50	-1.25	3.28
217.50	-1.25	5.55
222.50	-1.25	3.38
227.50	-1.25	4.16
232.50	-1.25	3.89
237.50	-1.25	3.21
242.50	-1.25	3.52
247.50	-1.25	5.26
252.50	-1.25	5.17
257.50	-1.25	4.26
262.50	-1.25	3.29
267.50	-1.25	3.08
272.50	-1.25	2.89
277.50	-1.25	5.60
282.50	-1.25	6.37
287.50	-1.25	3.08
292.50	-1.25	3.34
297.50	-1.25	3.97
302.50	-1.25	4.01
307.50	-1.25	4.73
312.50	-1.25	47.48
317.50	-1.25	5.90
322.50	-1.25	7.59
327.50	-1.25	12.83

7.50	-3.87	5.61
12.50	-3.87	5.58
17.50	-3.87	5.66
22.50	-3.87	4.61
27.50	-3.87	5.24
32.50	-3.87	5.24
37.50	-3.87	5.14
42.50	-3.87	5.19
47.50	-3.87	5.24
52.50	-3.87	5.37
57.50	-3.87	3.37
62.50	-3.87	4.94
67.50	-3.87	5.07
72.50	-3.87	4.67
77.50	-3.87	6.96
82.50	-3.87	6.23
87.50	-3.87	5.29
92.50	-3.87	3.86
97.50	-3.87	4.82
102.50	-3.87	3.90
107.50	-3.87	6.03
112.50	-3.87	4.16
117.50	-3.87	5.93
122.50	-3.87	6.49
127.50	-3.87	3.05
132.50	-3.87	9.07
137.50	-3.87	3.61
142.50	-3.87	7.24
147.50	-3.87	9.86
152.50	-3.87	4.96
157.50	-3.87	3.27
162.50	-3.87	3.78
167.50	-3.87	6.08
172.50	-3.87	3.90
177.50	-3.87	4.25
182.50	-3.87	4.91
187.50	-3.87	6.04
192.50	-3.87	4.86
197.50	-3.87	6.35
202.50	-3.87	2.54

207.50	-3.87	7.92
212.50	-3.87	3.57
217.50	-3.87	1.51
222.50	-3.87	8.39
227.50	-3.87	5.43
232.50	-3.87	3.23
237.50	-3.87	11.96
242.50	-3.87	9.11
247.50	-3.87	3.24
252.50	-3.87	5.48
257.50	-3.87	9.85
262.50	-3.87	5.95
267.50	-3.87	12.63
272.50	-3.87	9.75
277.50	-3.87	4.19
282.50	-3.87	1.96
287.50	-3.87	11.00
292.50	-3.87	7.67
297.50	-3.87	4.05
302.50	-3.87	3.27
307.50	-3.87	5.52
312.50	-3.87	29.90
317.50	-3.87	7.28
322.50	-3.87	8.44
327.50	-3.87	12.52
12.50	-6.76	8.40
17.50	-6.76	9.35
22.50	-6.76	6.09
27.50	-6.76	7.34
32.50	-6.76	9.12
37.50	-6.76	9.73
42.50	-6.76	9.42
47.50	-6.76	10.13
52.50	-6.76	9.77
57.50	-6.76	4.52
62.50	-6.76	11.72
67.50	-6.76	11.97
72.50	-6.76	9.12
77.50	-6.76	14.89
82.50	-6.76	13.98

87.50	-6.76	11.03
92.50	-6.76	8.06
97.50	-6.76	6.51
102.50	-6.76	5.13
107.50	-6.76	7.82
112.50	-6.76	6.25
117.50	-6.76	10.48
122.50	-6.76	13.08
127.50	-6.76	8.19
132.50	-6.76	17.22
137.50	-6.76	3.80
142.50	-6.76	7.15
147.50	-6.76	9.77
152.50	-6.76	6.02
157.50	-6.76	4.19
162.50	-6.76	5.33
167.50	-6.76	11.65
172.50	-6.76	5.51
177.50	-6.76	10.74
182.50	-6.76	15.80
187.50	-6.76	13.30
192.50	-6.76	10.20
197.50	-6.76	10.40
202.50	-6.76	5.71
207.50	-6.76	23.47
212.50	-6.76	6.84
217.50	-6.76	1.01
222.50	-6.76	9.00
227.50	-6.76	9.53
232.50	-6.76	8.66
237.50	-6.76	35.87
242.50	-6.76	30.25
247.50	-6.76	5.46
252.50	-6.76	12.20
257.50	-6.76	23.60
262.50	-6.76	24.07
267.50	-6.76	54.22
272.50	-6.76	35.10
277.50	-6.76	7.21
282.50	-6.76	1.34

287.50	-6.76	23.36
292.50	-6.76	18.19
297.50	-6.76	7.15
302.50	-6.76	3.70
307.50	-6.76	5.74
312.50	-6.76	11.20
17.50	-9.94	24.56
22.50	-9.94	11.76
27.50	-9.94	14.77
32.50	-9.94	22.14
37.50	-9.94	27.66
42.50	-9.94	29.13
47.50	-9.94	29.41
52.50	-9.94	21.56
57.50	-9.94	6.64
62.50	-9.94	29.15
67.50	-9.94	38.89
72.50	-9.94	33.56
77.50	-9.94	60.64
82.50	-9.94	49.82
87.50	-9.94	33.68
92.50	-9.94	21.60
97.50	-9.94	12.18
102.50	-9.94	10.99
107.50	-9.94	17.93
112.50	-9.94	21.45
117.50	-9.94	37.27
122.50	-9.94	44.81
127.50	-9.94	30.35
132.50	-9.94	44.25
137.50	-9.94	10.47
142.50	-9.94	14.69
147.50	-9.94	19.55
152.50	-9.94	23.54
157.50	-9.94	23.26
162.50	-9.94	20.37
167.50	-9.94	33.49
172.50	-9.94	9.47
177.50	-9.94	30.84
182.50	-9.94	55.67



187.50	-9.94	40.10
192.50	-9.94	34.81
197.50	-9.94	33.63
202.50	-9.94	22.78
207.50	-9.94	69.17
212.50	-9.94	12.40
217.50	-9.94	1.72
222.50	-9.94	9.59
227.50	-9.94	17.78
232.50	-9.94	22.90
237.50	-9.94	74.11
242.50	-9.94	63.19
247.50	-9.94	7.49
252.50	-9.94	22.51
257.50	-9.94	52.52
262.50	-9.94	76.13
267.50	-9.94	162.01
272.50	-9.94	86.77
277.50	-9.94	11.15
282.50	-9.94	1.23
287.50	-9.94	33.23
292.50	-9.94	31.14
297.50	-9.94	14.67
302.50	-9.94	6.81

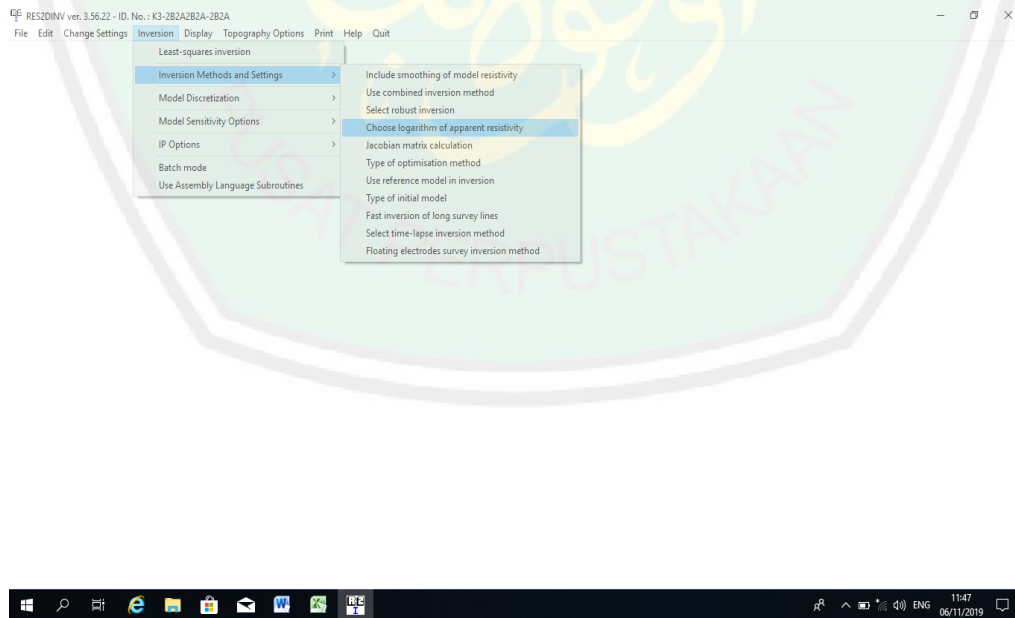
LAMPIRAN 3

CARA PENGOLAHAN DATA GEOLISTRIK

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

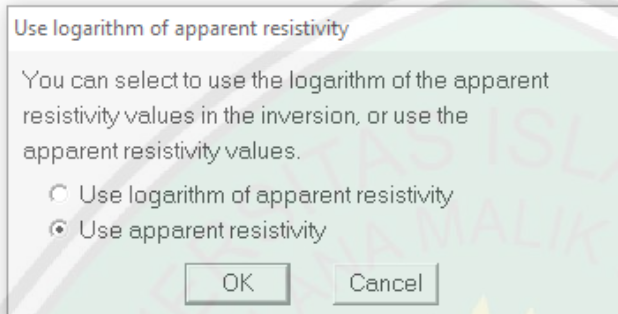
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2	Locustia:	SLUMUR GAS																		
3	referensi:																			
4	quota:																			
5	configurasi:	Wenner alpha																		
6	interval:	5																		
7	note:																			
8																				
9	mis	A	B	M	N	I (mA)	V (mV)	PS (mV)	r (Ω·m)			var	M (ms)							
10	1	1	4	2	3	440	84	-210	6			0	3							
11	2	1	7	3	5	423	60	151	9			0	9							
12	3	1	10	4	7	412	46	-288	11			0	291							
13	4	2	5	3	4	395	79	57	6			0	11							
14	5	2	8	4	6	390	52	-86	8			0	11							
15	6	2	11	5	8	427	43	-183	10			0	198							
16	7	3	6	4	5	509	107	-88	7			0	22							
17	8	3	9	5	7	384	47	-42	8			0	19							
18	9	3	12	6	9	452	42	-68	9			0	209							
19	10	4	7	5	6	493	94	-177	6			0	9							
20	11	4	10	6	8	476	57	53	8			0	12							
21	12	4	13	7	10	411	42	-84	10			0	232							
22	13	5	8	6	7	443	77	-23	5			0	25							
23	14	5	11	7	9	495	58	44	7			0	15							
24	15	5	14	8	11	388	40	-87	10			0	272							
25	16	6	9	7	8	392	74	-55	6			0	15							
26	17	6	12	8	10	464	55	79	8			0	5							
27	18	6	15	9	12	250	30	-135	11			1	276							
28	19	7	10	8	9	450	66	-22	4			0	17							
29	20	7	13	9	11	398	51	75	8			0	6							
30	21	7	16	10	13	335	35	-104	10			0	293							

1. Data diatas merupakan output dari alat geolistrik. Ada 4 format data yang dihasilkan dari alat ini, yaitu (.xls), (.dat), (.INV), dan (.tsv). Kemudian buka software RES2DINV, dan pilih “Read data file”. File yang dibuka adalah file dengan format (.dat).

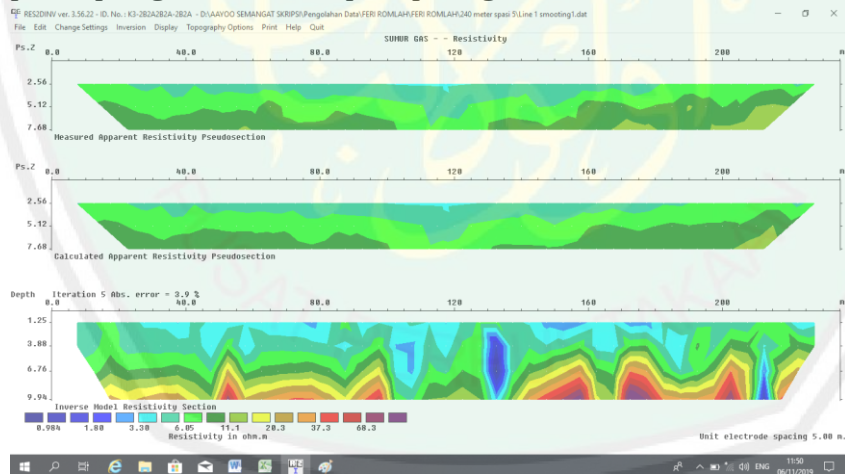


- Setelah file terbuka, pilih “Inversion>Inversion Methods and Settings>Choose logarithm of apparent resistivity” seperti pada gambar di atas. Kemudian akan muncul gambar seperti dibawah ini, dan dipilih “Use apparent resistivity”

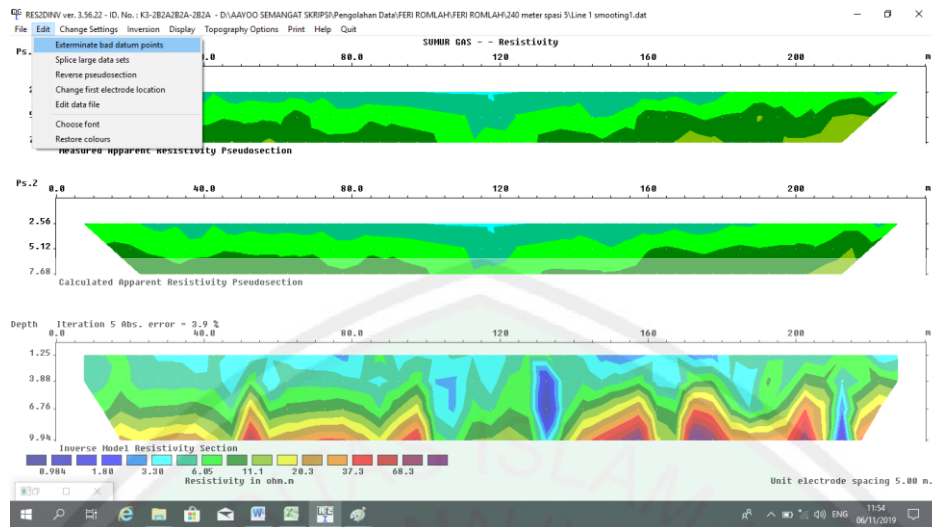
RES2DINV ver. 3.56.22 - ID. No. : K3-2B2A2B2A-2B2A - D:\AAYOO SEMANGAT SKRIPSI\Pengolahan Data
File Edit Change Settings Inversion Display Topography Options Print Help Quit



- Kemudian pilih “Inversion >Least square inversion”, maka akan muncul 3 penampang resistivitas seperti pada gambar dibawah ini.



- Semakin mirip penampang pertama dan kedua, maka nilai error dari gambar ketiga akan semakin kecil. Semakin kecil nilai error , maka penampang tersebut semakin mirip dengan lithology bawah permukaan yang sebenarnya. Apabila nilai error tinggi maka dapat digunakan menu “Extreminate bad datum points” untuk mengecilkan nilai error.



5. Setelah memilih menu diatas, maka akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini. Setelah memilih titik yang akan dihapus, pilih “Exit>Quit edit window”. File yang telah diedit kemudian di save dengan nama yang baru (.INV). Dan untuk lintasan selanjutnya ulangi kembali dari awal.

LAMPIRAN 4
DOKUMENTASI AKUISISI DATA

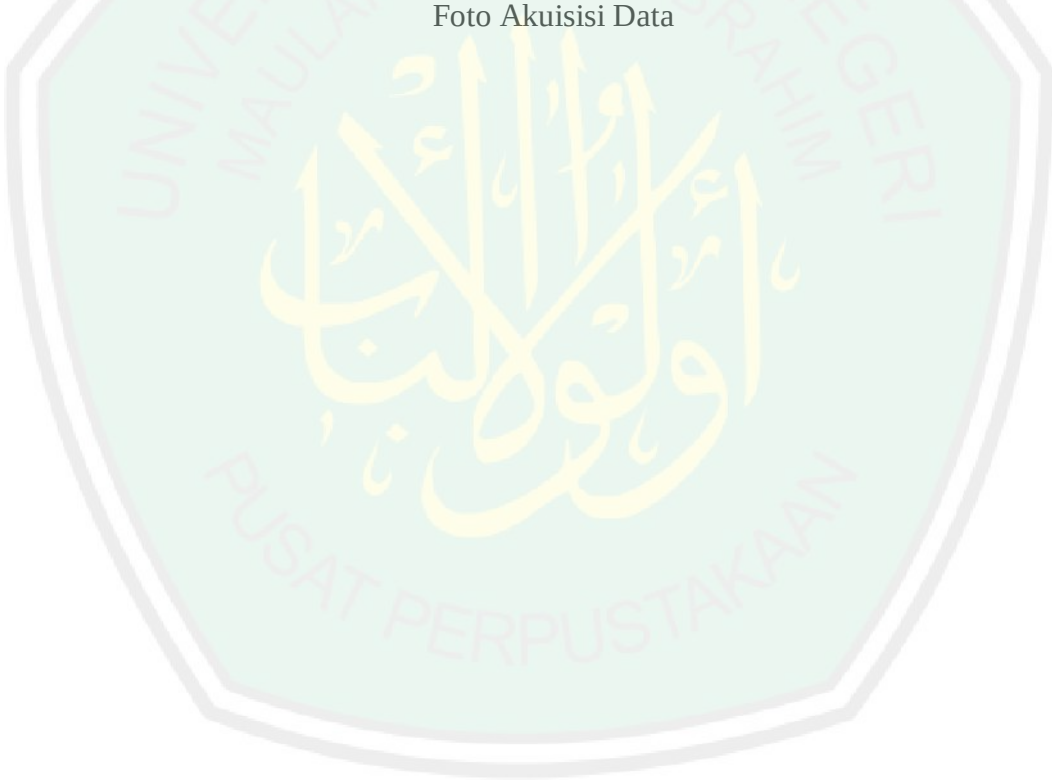


Foto Akuisisi Data





Foto Akuisisi Data





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

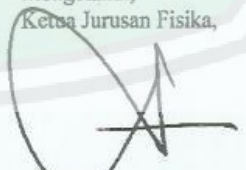
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Siti Romlah
NIM : 15640037
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Identifikasi Sebaran Gas Biogenik dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas (Studi Kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi)
Pembimbing I : Drs Abdul Basid, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	27 Agustus 2019	Konsultasi Bab I	
2	29 Agustus 2019	Konsultasi Bab I	
3	03 September 2019	Konsultasi Bab I dan Bab II	
4	16 September 2019	Konsultasi Bab II dan Bab III	
5	20 September 2019	Konsultasi Bab II, III dan Bab Data IV	
6	20 September 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab I, II	
7	25 September 2019	Konsultasi Bab IV	
8	10 Oktober 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab II dan IV	
9	28 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
11	01 November 2019	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	
12	03 November 2019	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	

Malang, 6 Desember 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,


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