

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK PADA LAPISAN
BAWAH PERMUKAAN TANAH DENGAN METODE IP
(*INDUCED POLARIZATION*)
(Studi Kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren
Kabupaten Ngawi)

SKRIPSI

Oleh:
FERI ERDIANA
NIM. 15640052



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK PADA LAPISAN
BAWAH PERMUKAAN TANAH DENGAN METODE IP
(*INDUCED POLARIZATION*)
(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:
FERI ERDIANA
NIM. 15640052

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2021

HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK PADA LAPISAN
BAWAH PERMUKAAN TANAH DENGAN METODE IP
(*INDUCED POLARIZATION*)
(Studi Kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan
Widodaren Kabupaten Ngawi)

SKRIPSI

Oleh:
Feri Erdiana
NIM. 15640052

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal: 20 April 2021

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Menyetujui,
Ketua Jurusan Fisika



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




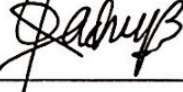
HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN GAS BIOGENIK PADA LAPISAN
BAWAH PERMUKAAN TANAH DENGAN METODE IP
(*INDUCED POLARIZATION*)
(Studi Kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan
Widodaren Kabupaten Ngawi)

SKRIPSI

Oleh:
Feri Erdiana
NIM. 15640052

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal: 20 Mei 2021

Penguji Utama	: <u>Irjan, M. Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Ahmad Luthfin, M. Si</u> NIP. 19860504 201903 2 020	
Pembimbing I	: <u>Drs. Abdul Basid, M. Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Pembimbing II	: <u>Ahmad Abtokhi, M. Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Feri Erdiana
NIM : 15640052
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Gas Biogenik pada Lapisan Bawah Permukaan Tanah dengan Metode IP (*Induced Polarization*) (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 telah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang dikutip dalam naskah dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan serta menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Malang, 28 Mei 2021

Yang membuat pernyataan,



Feri/Erdiana

NIM: 15640052

MOTTO

*Nobody's perfect.
We make mistakes.
We say wrong things.
We fall. We get up.
We grow. We move on.
We live.*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Orang tua saya tercinta, Bapak Suwito dan Ibu Suprihatin yang telah berperan penuh sebagai penyemangat dan support utama saya selama menempuh di dunia pendidikan.

Adik saya tersayang, Nuraini Jannatul Ma'wa yang juga menjadi penyemangat saya untuk meraih cita-cita serta menjadikan diri saya sebagai kakak yang baik untuk dijadikan contoh.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si dan Bapak Ahmad Abtokhi, M.Pd yang telah berkenan untuk membimbing saya selama proses pengerjaan tugas akhir.

Seluruh dosen Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah sudi membimbing saya mulai dari awal masuk perkuliahan hingga saat ini.

Seluruh teman-teman khususnya teman satu jurusan fisika yang telah ikut berkontribusi dalam pengerjaan tugas akhir.

Dan untuk saya sendiri, terimakasih telah berjuang dan mampu bertahan sampai di titik ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang terkait. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang serta selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
4. Bapak Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Integrasi
5. Kedua orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan doa, limpahan kasih sayang, bantuan moril dan materiil, serta didikan yang tiada henti selama menempuh pendidikan.
6. Keluarga besar Geofisika 2012, Geofisika 2013, Geofisika 2014, Geofisika 2015, Geofisika 2016 yang telah banyak membantu mulai dari proses pengambilan data, pengolahan data hingga penulisan skripsi selesai.
7. Teman-teman fisika angkatan 2015 khususnya bidang minat geofisika yang telah banyak memberikan keceriaan, selalu mengingatkan penulis di jalan kebaikan, menghibur serta memberikan solusi kepada penulis saat ada masalah.
8. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kelancaran penulis dalam menyelesaikan skripsi.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Identifikasi Sebaran Gas Biogenik pada Lapisan Bawah Permukaan Tanah dengan Metode IP (*Induced Polarization*) (Studi Kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi)”. Sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada junjungan kita Rosulullah Muhammad SAW yang telah menuntun umat manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman islamiyah dan kita selaku umatnya semoga mendapat syafa'atnya kelak di yaumul kiamah. (Amin)

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulisnya khususnya. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis masih membutuhkan kritik dan saran sebagai pengembangan ilmu pengetahuan agar dapat bermanfaat untuk kita semua.

Malang, 28 Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gas Biogenik.....	8
2.1.1 Kedalaman dan Waktu Generasi Gas Biogenik.....	10
2.1.2 Karakteristik Gas Biogenik.....	11
2.1.3 Proses Terbentuknya Gas Biogenik	12
2.2 Metode Geolistrik	14
2.3 Metode IP (<i>Induced Polarization</i>)	15
2.3.1 Pengukuran Metode IP (<i>Induced Polarization</i>)	16
2.3.2 Jenis-Jenis Polarisasi.....	19
2.3.3 Nilai <i>Chargeability</i>	21
2.4 Konfigurasi Elektroda	22
2.4.1 Konfigurasi Wenner.....	23
2.5 Kondisi Geologi Daerah Penelitian	25
2.5.1 Geomorfologi.....	28
2.5.2 Stratigrafi	30
2.5.3 Struktur dan Tektonika.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	36
3.2 Alat Penelitian.....	36
3.3 Metode Pengambilan Data.....	37
3.4 Metode Pengolahan Data	38
3.5 Metode Analisis dan Interpretasi Data	40
3.6 Diagram Alir Penelitian	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Data	42
4.1.1 Lintasan 1	43
4.1.2 Lintasan 2	45
4.1.3 Lintasan 3	46
4.1.4 Lintasan 4	48
4.1.5 Rekonstruksi 3D (3 Dimensi)	49
4.2 Interpretasi Data	51
4.3 Integrasi Al-Qur'an	55
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Semburan Gas Beserta Api pada Tahun 2014	3
Gambar 1.2	Semburan Gas Beserta Air dan Lumpur pada Tahun 2018	3
Gambar 2.1	Proses Terbentuk dan Terperangkapnya Gas.....	12
Gambar 2.2	(a) Distribusi Ion yang Membentuk Potensial Diri.....	20
	(b) Polarisasi yang Terjadi saat Injeksi Arus	20
Gambar 2.3	(a) Penyempitan di Dalam Saluran Antara Butiran Mineral dan Partikel Lempung Bermuatan Negatif.....	21
	(b) Filemen Fibrosa Berserat di Sepanjang Sisi Saluran	21
Gambar 2.4	Konfigurasi Wenner Alpha	24
Gambar 2.5	Peta Daerah Penelitian	28
Gambar 3.1	Titik Akuisisi Data.....	36
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 4.1	Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 1	43
Gambar 4.2	Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 2	45
Gambar 4.3	Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 3	47
Gambar 4.4	Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 4	48
Gambar 4.5	Rekonstruksi Penampang Chargeabilitas 3D	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai <i>Chargeability</i> Mineral.....	22
Tabel 2.2	<i>Chargeability</i> Mineral dan Batuan.....	22
Tabel 2.3	<i>Chargeability</i> Materi.....	22
Tabel 4.1	Hasil Analisis Lintasan 1.....	44
Tabel 4.2	Hasil Analisis Lintasan 2.....	46
Tabel 4.3	Hasil Analisis Lintasan 3.....	47
Tabel 4.4	Hasil Analisis Lintasan 4.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Penelitian
- Lampiran 2 Data Koordinat Elektroda
- Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Data

ABSTRAK

Erdiana, Feri. 2021. Identifikasi Sebaran Gas Biogenik pada Lapisan Bawah Permukaan Tanah dengan Metode IP (*Induced Polarization*) (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: Gas Biogenik, Metode IP, Konfigurasi Wenner Alpha

Gas biogenik merupakan gas metana hasil dekomposisi bahan organik dari mikroorganisme anaerobik. Telah dilakukan penelitian tentang identifikasi gas biogenik dengan metode IP (*Induced Polarization*) konfigurasi Wenner Alpha di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran gas biogenik serta mengetahui keadaan litologi bawah permukaan. Pengambilan data sebanyak 4 lintasan dengan lintasan 1 sampai lintasan 3 sepanjang 240 meter sedangkan lintasan 4 sepanjang 320 meter. Pengolahan data menggunakan *software* Res2Dinv yang menghasilkan data inversi 2D. Proses rekonstruksi 3D menggunakan *software* Blender. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gas biogenik pada setiap lintasan tersebar dan bermigrasi melalui batupasir yang terasosiasi dalam lempung ditandai dengan warna merah tua hingga ungu tua memiliki nilai *chargeability* 100.8 ms - >219 ms. Litologi bawah permukaan pada area penelitian terdiri dari *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung memiliki nilai *chargeability* 0.00377 ms – 13.25 ms, lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki nilai *chargeability* 6.27 ms – 99.829 ms, dan lempung yang berasosiasi dengan batupasir memiliki nilai *chargeability* 100.8 ms - >219 ms.

ABSTRACT

Erdiana, Feri. 2021. Identification of the Distribution of Biogenic Gas in the Subsoil Layer with the IP (Induced Polarization) Method (Case Study: Gas Blast in Sidolaju Village, Widodaren District, Ngawi Regency). Thesis. Physics Department. Science and Technology Faculty, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Keywords: Biogenic Gas, IP Method, Wenner Alpha Configuration

Biogenic gas is methane gas resulting from the decomposition of organic matter from anaerobic microorganisms. Research has been carried out on the identification of biogenic gas using the IP (Induced Polarization) method of Wenner Alpha configuration in Sidolaju Village, Widodaren District. The purpose of this study was to determine the distribution of biogenic gases and to determine the state of the subsurface lithology. Data retrieval is 4 tracks with track 1 to track 3 being 240 meters long while track 4 is 320 meters long. Data processing uses Res2Dinv software which produces 2D inversion data. 3D reconstruction process using Blender software. The results showed that the biogenic gases in each path were scattered and migrated through the sandstones associated with the clays marked with dark red to dark purple colors having a chargeability value of 100.8 ms - > 219 ms. The subsurface lithology in the study area consists of *alluvium* associated with clay with a chargeability value of 0.00377 ms – 13.25 ms, clay associated with silt has a chargeability value of 6.27 ms – 99,829 ms, and clay associated with sandstone has a chargeability value of 100.8 ms - >219 ms.

مستخلص البحث

إرديانا، فيري. ٢٠٢١. تحديد توزيع الغاز الحيوي في الطبقة الجوفية باستخدام طريقة الاستقطاب المستحث (دراسة حالة: انفجار الغاز في سيدولاجو ويدودارين نجاي). رسالة الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف (١): الدكتور عبد السيد، الماجستير، (٢): أحمد أبطخي، الماجستير

الكلمات المفتاحية: الغاز الحيوي، طريقة الاستقطاب المستحث، تكوين وينر ألفا

الغاز الحيوي هو غاز الميثان الناتج عن تحلل المواد العضوية من الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية. تم إجراء البحث عن تحديد توزيع الغاز الحيوي في الطبقة الجوفية باستخدام طريقة الاستقطاب المستحث لتكوين وينر ألفا في سيدولاجو ويدودارين نجاي. الهدف من هذا البحث هو تحديد توزيع الغاز الحيوي وتحديد حالة الصخر تحت السطحي. أخذ البيانات هو ٤ مسارات مع المسار ١ إلى المسار ٣ بطول ٢٤٠ مترا بينما يبلغ طول المسار ٤ ٣٢٠ مترا. معالجة البيانات باستخدام برنامج Res2Dinv الذي ينتج بيانات انعكاس ثنائية الأبعاد. عملية إعادة البناء ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج *Blender*. دلت النتائج أن الغازات الحيوية في كل مسار كانت مبعثرة وهاجرة عبر الأحجار الرملية المصاحبة للطين ذات اللون الأحمر الداكن إلى البنفسجي الداكن مع قيمة قابلية الشحن ١٠٠,٨ مللي ثانية حتى أقل من ٢١٩ مللي ثانية. يتكون علم الصخور تحت السطحية في منطقة البحث من الطمي المرتبط بالطين بقيمة قابلية شحن تبلغ ٠,٠٣٧٧ مللي ثانية - ١٣,٢٥ مللي ثانية، والطين المرتبط بالطمي له قيمة قابلية شحن تبلغ ٦,٢٧ مللي ثانية - ٩٩٨٢٩ مللي ثانية، والطين المرتبط بالحجر الرملي له قيمة قابلية الشحن ١٠٠,٨ مللي > - حتى أقل من ٢١٩ مللي ثانية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah suatu negara yang rentan terhadap bencana atau pun fenomena alam. Mayoritas fenomena alam yang terjadi dapat menimbulkan kerugian, namun ada beberapa yang dapat dimanfaatkan sumber energinya dari fenomena alam tersebut. Di Indonesia sendiri terkenal memiliki Sumber Daya Alam (SDA) yang sangat melimpah dari yang konvensional maupun non konvensional. Menteri ESDM menyatakan bahwa hingga saat ini sumber energi utama yang digunakan di Indonesia adalah minyak dan gas. Migas merupakan energi yang tidak dapat diperbarui (non konvensional). Kebutuhan masyarakat di Indonesia terkait sumber energi ini sangatlah besar, sementara semakin lama sumber energi tersebut semakin berkurang. Dengan adanya hal ini perlu diciptakan sumber energi baru yang bisa membantu untuk memenuhi kebutuhan energi khususnya di Indonesia.

Adapun sumber energi dari fenomena alam yang dapat dimanfaatkan salah satunya adalah semburan gas. Semburan gas merupakan suatu fenomena alam yang sering terjadi di Indonesia. Fenomena tersebut dapat terjadi karena adanya suatu cairan atau material dari dalam bumi bergerak menuju ke permukaan dengan cara melewati pori-pori batuan. Material yang keluar dapat berupa air, lumpur (*mud volcano*), maupun api yang juga mengandung gas alam. Sehingga dengan adanya gas alam, material tersebut mampu menembus lapisan bawah permukaan tanah.

Gas alam biasanya disebut dengan gas rawa atau gas bumi. Gas alam merupakan campuran antara senyawa hidrokarbon paling sederhana (ringan) dan non hidrokarbon yang tercampur secara alami di bawah permukaan bumi tepatnya di dalam reservoir. Bumi memiliki gas alam yang mayoritas tersusun atas senyawa kimia yaitu metana. Selain itu juga tersusun atas etana dan alkana namun presentasinya hanya sedikit. Salah satu gas alam yang akan dibahas pada bab ini adalah gas biogenik.

Pendayagunaan atau pemanfaatan gas biogenik untuk saat ini masih sangat terbatas. Sebagai contoh adanya temuan gas di muara sungai Yangtse, Cina yang telah berhasil digunakan untuk gasifikasi suatu desa pesisir (Qilun, 1995). Selain itu ada beberapa temuan lainnya yang memanfaatkan gas sebagai sumber energinya, yaitu generator dan peralatan industri berbahan bakar metan yang saat ini masih dikembangkan. Berdasarkan penjelasan tersebut, perlu adanya kajian dan eksplorasi secara mendalam mengenai pemanfaatan gas biogenik. Apabila mampu meningkatkan, maka kebutuhan energi saat ini khususnya desa-desa terpencil dapat terpenuhi dengan baik.

Negara yang memiliki cadangan gas alam terbesar di dunia salah satunya adalah Indonesia Hingga saat ini banyak temuan semburan gas yang terjadi di berbagai daerah khususnya di Pulau Jawa. Sebagai contoh yaitu di daerah Ngawi, Sumenep, Sidoarjo, dan masih banyak lagi di daerah lainnya. Sementara penelitian yang akan dilakukan penulis berada di Kabupaten Ngawi tepatnya di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren. Beberapa semburan gas liar muncul di area persawahan penduduk sekitar. Terdapat beberapa titik semburan gas, pada tahun

2014 muncul dua titik semburan berupa gas dan api, sedangkan pada tahun 2018 muncul satu semburan berupa gas dan air.



Gambar 1.1 Semburan Gas Beserta Api pada Tahun 2014
(Sumber: <https://www.medcom.id>)



Gambar 1.2 Semburan Gas Beserta Air dan Lumpur pada Tahun 2018
(Sumber: Harianto, 2018)

Ketiga titik semburan ini sama-sama berada di area persawahan. Adapun penyebab terjadinya semburan gas tersebut ditemukan adanya retakan atau patahan yang mengakibatkan keluarnya gas sehingga mendorong air yang ada di bawah permukaan tanah. Menurut keadaan geologi daerah Ngawi tersusun atas

batuan sediman yang memiliki endapan alluvial berupa batu pasir, kerikil, lempung, dan lanau. Dari data geologi tersebut dapat diasumsikan bahwa gas biogenik berkaitan dengan struktur batuan di atas.

Melihat fenomena tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi semburan gas sehingga nantinya dapat diperoleh informasi bagaimana litologi bawah permukaan dari lokasi semburan gas tersebut, serta dapat diperkirakan sebaran gas biogenik yang ada di bawah permukaan tanah. Salah satu petunjuk untuk melakukan eksplorasi telah tersirat dalam ayat suci Al-Qur'an. Sebagaimana firman Allah dalam surat ar-Rahman ayat 33:

يَمْعَشَرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَن تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ

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

Ayat tersebut memberikan pemahaman bahwa sebagai hamba Allah, manusia telah diberikan kesempatan melakukan eksplorasi untuk mengetahui apa saja yang ada di langit maupun di bumi. Namun untuk dapat melakukan hal tersebut perlu adanya sebuah kekuatan. Kekuatan yang dimaksud dalam ayat ini dapat berupa ilmu pengetahuan memadai yang telah dimiliki oleh manusia (Purwanto, 2015).

Dalam bidang geofisika terdapat beberapa metode yang dapat digunakan pada eksplorasi ini salah satunya adalah metode IP (*Induced Polarization*). Metode ini masih tergolong dalam metode geolistrik. Metode IP (*Induced Polarization*) berkembang setelah metode resistivitas karena apabila kita melakukan survey dengan metode IP (*Induced Polarization*) otomatis juga akan

mendapatkan parameter resistivitasnya. Metode ini berbasis pada sifat-sifat kelistrikan dari suatu medium. Sifat kelistrikan dalam metode IP (*Induced Polarization*) ini terdiri dari resistivitas dan parameter *chargeability*. *Chargeability* muncul apabila menggunakan domain waktu (*time domain*) serta PFE (Present Frequency Effect) apabila menggunakan domain frekuensi (*frequency domain*). Aplikasi dari metode IP (*Induced Polarization*) ini cukup banyak, salah satunya adalah untuk mendeteksi keberadaan sebaran gas biogenik di bawah permukaan tanah.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan di daerah Suryanata, Samarinda, Kalimantan Timur oleh Wiranata, dkk (2018). Penelitian tersebut dilakukan atas dasar analisis data pengukuran untuk setiap penampang resistivitas dan *chargeability* serta data geologi permukaan. Objek yang dianalisis pada penelitian tersebut adalah lumpur (*mud volcanoes*). *Mud volcanoes* sebenarnya masih berhubungan dengan gas, karena terbentuknya lumpur sendiri berasal dari gas dan liquid yang ada di dalam bumi. Data dari penelitian ini menunjukkan adanya indikasi mudvolcano memiliki nilai resistivitas ($4,5 \pm 0,5$) Ωm dan nilai *chargeability* (60 ± 20) msec. Nilai tersebut belum bisa dijadikan acuan, karena setiap tempat memiliki struktur geologi serta nilai chargeabilitas yang berbeda-beda. Sehingga, selain mencari referensi penelitian terdahulu yang serupa, peneliti juga perlu mengetahui informasi mengenai struktur geologi yang ada di wilayah tersebut.

Berdasarkan hal-hal yang telah di uraikan di atas penulis bermaksud untuk melakukan penelitian yang berjudul Identifikasi Sebaran Gas Biogenik pada Lapisan Bawah Permukaan Tanah dengan Metode IP (*Induced Polarization*)

(Studi Kasus : Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sebaran gas biogenik di bawah permukaan tanah pada lokasi penelitian?
2. Bagaimana keadaan litologi bawah permukaan tanah pada lokasi penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui sebaran gas biogenik di bawah permukaan tanah pada lokasi penelitian.
2. Untuk mengetahui keadaan litologi bawah permukaan tanah pada lokasi penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat dalam Bidang Keilmuan
 - a. Memberikan pengetahuan tentang tata cara serta prinsip kerja alat geolistrik multichannel untuk metode IP (*Induced Polarization*).
 - b. Memberikan pengetahuan tentang tata cara pengolahan data chargeabilitas, yaitu pemodelaan 2D menggunakan *software* Res2dinv.
 - c. Sebagai informasi dan referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Manfaat untuk Masyarakat

Memberikan pengetahuan dan pemahaman kepada masyarakat sekitar mengenai kegunaan metode IP (*Induced Polarization*) dalam bidang lingkungan, yaitu untuk mengetahui sebaran gas biogenik di lokasi penelitian.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan di Desa Sidolaju, Kecamatan Widodaren, Kabupaten Ngawi.
2. Konfigurasi elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah konfigurasi Wenner Alpha.
3. Pengambilan data dilakukan pada koordinat $7^{\circ}24'15.74''$ LS - $7^{\circ}24'27.07''$ LS dan $111^{\circ}16'21.35''$ BT - $111^{\circ}16'25.01''$ BT.
4. Luas daerah penelitian adalah 76.800 m^2 yang memiliki panjang 320 m serta lebar 240 m.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 biogenik merupakan gas yang kaya akan metana dan dihasilkan dari dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Selain itu, ada juga gas termogenik yang dihasilkan dari bahan organik oleh degradasi termal dan proses perekahan yang terjadi pada suhu lebih tinggi dan durasi pemanasan yang diperpanjang. Gas selanjutnya adalah gas abiogenik, gas ini sebagian besar dihasilkan dari ladang minyak. Gas abiogenik merupakan gas yang berasal dari bahan anorganik terdahulu yang ada di dalam bumi dan gas tersebut bukan menjadi kontributor utama akumulasi gas komersil (Rice, 1993).

Gas biogenik adalah gas metana yang merupakan hasil dari 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 marine dan terdapat 20% dari gas alam di dunia. Gas metana merupakan gas hidrokarbon yang memiliki rantai karbon paling pendek sehingga termasuk gas yang paling ringan. Selain itu, 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).

Kemunculan gas biogenik ke permukaan sering dijumpai di rawa atau di sawah, sehingga disebut gas sawah atau gas rawa, yang merupakan rembesan kearah permukaan dari gas metana murni yang berasal dari alam. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya karena *gas charged sediment* atau sedimen pembawa gas metana biogenik, yang berarti terbentuk akibat bahan-bahan organik. Sebuah prospek jangka panjang menjadi hipotesis bahwa daerah berbasis pertanian dengan sistem lahan basah seperti persawahan menjadi perumusan dengan lahan pertanian sebagai basis recharge sebuah prospektivitas gas metana biogenik (Lubis, 2015).

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 penghasilan gas biogenik yaitu struktur awal dan perangkap stratigrafi serta permeabilitas yang rendah (Rice, 1993).

a. Struktur Awal dan Perangkap Stratigrafi

Gas biogenik dihasilkan pada awal sejarah penguburan dan pembentukan struktur awal. Perangkap stratigrafi merupakan hal terpenting untuk suatu jebakan. Perangkap tersebut diciptakan oleh perubahan *fasies lateral* secara tiba-tiba. Perangkap yang baik untuk gas biogenik contohnya seperti penumpukan karbonat. Selain itu, struktur awal seperti kesalahan pertumbuhan akibat pembebanan sedimen yang cepat pada saat pengendapan, seperti di Delta Propagading dapat membantu dalam memerangkap gas biogenik. Batuan yang paling efektif sebagai segel adalah batuan garam, *anhidrida*, klastik, berbutir halus, serta batuan yang kaya akan bahan organik.

b. Permeabilitas 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.

2.1.1 Kedalaman dan Waktu Generasi Gas Biogenik

Gas biogenik dapat dihasilkan melalui dua tahap yang berbeda yaitu tahap awal dan tahap akhir. Gas biogenik yang terbentuk pada tahap awal memiliki kedalaman yang kurang dari 1 km. Pada generasi gas biogenik tahap 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 (Colosimo dkk, 2016).

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

2.1.2 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 dan lebih matang secara termal (Rice, 1993).

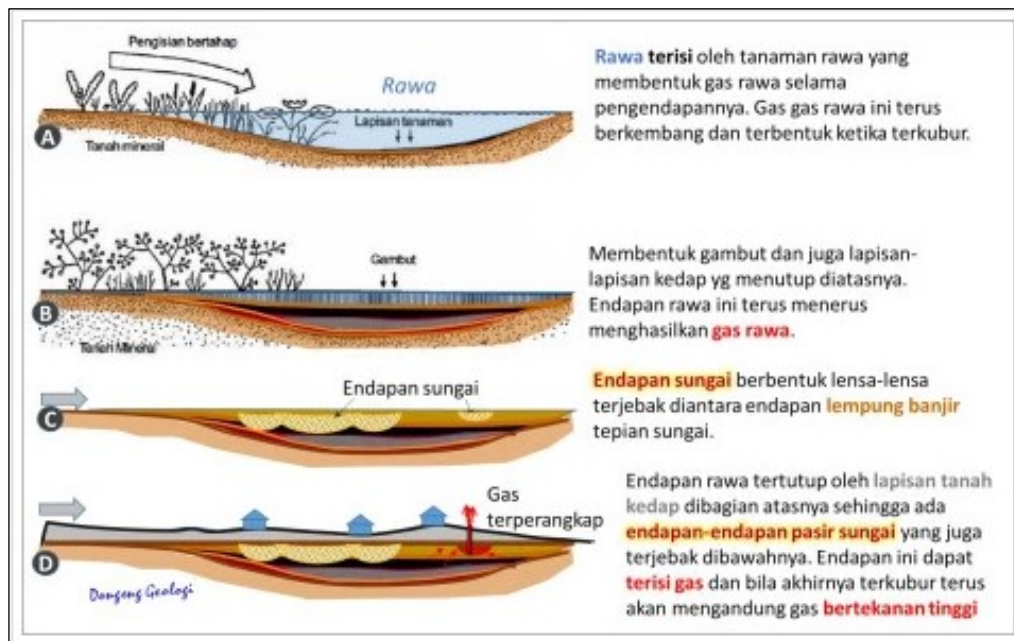
Gas hidrokarbon yang dihasilkan dalam tiga tahap utama memiliki komposisi kimia yang berbeda dan rasio isotop karbon stabil. Secara teori dapat membedakan tipe gas yang dihasilkan dalam setiap tahap. Namun dalam beberapa kejadian faktor geologi menjadi sebuah informasi penting untuk menafsirkan asal usul terbentuknya gas. Komposisi gas biogenik didominasi oleh metana dan terdapat 2% etana, propana, butana, dan pentana (Rice dan Claypool, 1981).

Gas biogenik sebagian besar terdiri dari metana terkecuali pada gas biogenik di lingkungan air payau (PH rendah) dimana komponen utamanya berupa CO₂ yang terbentuk secara biologis. Karakteristik utama dalam membedakan gas biogenik adalah komposisi kimia dan isotop. Gas biogenik secara komposisi hampir sepenuhnya terdiri dari metana ($C_1/C_{1-5} > 0,98$). Hidrokarbon kecil yang lebih berat dapat dikaitkan dengan produksi suhu termal yang rendah. Ambiguitas dalam interpretasi asal usul gas biogenik dapat diminimalisir dengan mensinkronkan data kimia dan isotop dengan informasi geologi daerah (Rice dan Claypool, 1981).

2.1.3 Proses Terbentuknya Gas Biogenik

Proses terbentuknya gas biogenik menurut ada tiga proses utama (Schoel, 1988):

- Fermentasi bakteri anaerobik pada sampah, kotoran ternak atau sejenisnya. Gas yang dihasilkan proses ini disebut biogas metana atau gas biomasa.
- Fermentasi bakteri asetat pada lapisan sedimen yang kaya zat organik (gas charged sediment).
- Proses reduksi karbondioksida oleh bakteri dari batuan vulkanik atau magmatik alami.



Gambar 2.1 Proses Terbentuk dan Terperangkapnya Gas
(Sumber: <https://rovicky.wordpress.com>)

Gambar di atas menunjukkan tentang bagaimana proses terbentuk dan terperangkapnya gas biogenik pada tahap awal. Ada sebuah rawa ataupun danau kecil yang disekitarnya terdapat tumbuh-tumbuhan, dan apabila tumbuhan tersebut membusuk akan menghasilkan gas rawa. Gas biogenik merupakan hasil dari aktivitas organisme yang berada di atas lapisan endapan rawa. Hal tersebut

akan menjadi sumber bahan untuk membuat gas rawa menjadi tertutup oleh endapan lempung halus yang kedap udara dan kedap air. Volume gas rawa yang terperangkap ini memang tidak terlalu banyak, secara volumetrik kecil untuk bisa menghasilkan gas yang ekonomis ditambang, namun cukup besar dan sangat mengganggu jika suatu saat menyembur. Pengeboran sumur yang dangkal pun jika menembus lapisan pasir yang mengandung gas ini dapat terdorong ke atas karena tingginya tekanan gas.

Menurut Rice dan Claypool (1981) pembentukan gas biogenik metan dapat dikontrol oleh beberapa faktor yang harus dipenuhi, seperti:

1. Lingkungan yang tidak teroksidasi (*anoxic*), lingkungan ini terbentuk akibat adanya mikroorganisme metanogenik yang bersifat anaerob dan tidak dapat mentolerir kehadiran oksigen.
2. Lingkungan yang kekurangan sulfat, lingkungan ini merupakan tempat dimana konsentrasi sulfat dalam air sangat rendah seperti air payau atau air tawar (*fresh water*) sehingga produksi metan dapat dimulai setelah oksigen habis atau menghilang. Bagaimanapun pada lingkungan laut, sulfat harus dikurangi jumlahnya sebelum pembentukan metan terjadi.
3. Temperatur, pembentukan metan atau metana oleh mikroorganisme dapat terjadi pada kedalaman yang memiliki temperatur antara 0-75° C. Karena pada temperatur tersebut bakteri metanogenik (*Methanobacterium thermoautotrophicus*) dapat tumbuh secara maksimum.
4. Kehadiran material organik, material organik sangat dibutuhkan untuk proses metanogenesis dan untuk mendukung proses metabolisme. Besar minimum material organik yang dibutuhkan dalam pembentukan metan

yaitu 0,5% karbon organik yang terkandung dalam suatu endapan sedimen laut. Material organik ini biasanya terkumpul dalam batuan sedimen berbutir halus.

5. Ruang, ruang minimum yang dibutuhkan untuk bakteri dalam menjalankan fungsinya biasanya pada sedimen halus yang memiliki pori sekitar 1-3 nm.

2.2 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode dalam bidang geofisika yang digunakan untuk mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara pendeteksiannya di permukaan bumi. Beberapa pendeteksian ini meliputi pengukuran arus, potensial, dan medan elektromagnetik yang terjadi baik itu secara alamiah maupun dengan cara penginjeksian arus ke dalam bumi. Prinsip kerja metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda yang lain (Wijaya, 2015).

Ada beberapa macam metode geolistrik, diantaranya adalah metode potensial diri, arus *telluric*, magnetotellurik, elektromagnetik, resistivitas, dan IP (*Induced Polarization*) (Arif, 2016). Berdasarkan asal sumber arus listrik yang digunakan, metode geolistrik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu metode aktif dan metode pasif. Pada metode aktif arus listrik tidak terjadi secara alami, namun arus listrik harus diinjeksikan ke dalam bumi dan efek potensial yang ditimbulkan oleh arus batuan tersebut diukur di permukaan bumi. Yang termasuk dalam kategori metode aktif adalah metode IP (*Induced Polarization*) dan metode resistivitas. Metode pasif adalah metode dengan arus listrik alami yang terjadi di dalam tanah (batuan) yang terjadi akibat adanya aktivitas elektromekanik dan

elektrokimia serta materi-materi penyusun batuan. Yang termasuk dalam kategori metode pasif adalah metode potensial diri dan magnetotellurik (Telford *et al*, 1990).

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

2.3 Metode IP (*Induced Polarization*)

Metode IP (*Induced Polarization*) dapat disebut juga dengan metode polarisasi terinduksi. Metode IP (*Induced Polarization*) merupakan salah satu metode geolistrik yang aktif dan merupakan metode pengembangan dari metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas). Metode IP (*Induced Polarization*) hampir sama dengan metode geolistrik tahanan jenis, namun arus listrik DC yang diinjeksikan ke dalam bumi pada metode IP (*Induced Polarization*) tidak terus-menerus dialirkan melainkan arus tersebut dapat diputus sewaktu-waktu (Sumner, 1976).

Prinsip kerja dari pengukuran metode IP (*Induced Polarization*) adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus dan mengukur nilai beda potensial yang terjadi sesaat setelah arus diputus. Ketika arus diputus, biasanya nilai beda potensialnya akan langsung menjadi nol, namun pada lapisan atau medium tertentu akan menyimpan energi listrik yang berperan sebagai kapasitor dan baru dilepaskan kembali. Efek tersebut yang dinamakan

sebagai efek polarisasi. Sehingga, saat arus diinjeksikan dan kemudian diputus, nilai beda tegangan tidak langsung menjadi nol namun secara perlahan mengecil sampai nilai menjadi nol. Efek ini dapat terjadi akibat adanya suatu medium yang mengandung logam (Septadi dkk, 2018).

2.3.1 Pengukuran Metode IP (*Induced Polarization*)

Teknik pengukuran dalam metode IP (*Induced Polarization*) terbagi menjadi dua yaitu:

a. *Time Domain*

Pengukuran berdasarkan *time domain*, arus listrik DC pertama diinjeksikan ke dalam bumi selama beberapa detik, kemudian arus listrik tersebut diputus dan terjadi tegangan residual yang terukur pada elektroda-elektroda potensial. Selanjutnya arus listrik DC diinjeksikan ke dalam bumi untuk yang kedua kalinya dengan arah berlawanan dari arah selama beberapa detik dan muncul tegangan residual lagi. Dalam pengukuran daerah, tegangan residual harus diukur sebelum potensial residual meluruh dan menjadi gangguan (noise). Pada pengukuran tersebut cara yang mudah dilakukan adalah dengan membandingkan tegangan residual yang ada pada waktu setelah arus DC diputus dengan tegangan tetap selama interval waktu dalam aliran arus listrik (Vebrianto, 2016).

Parameter yang diukur adalah tegangan primer (V_p) dan tegangan sekunder (V_s). Tegangan primer adalah tegangan yang terukur ketika arus belum diputus atau dimatikan, sedangkan tegangan sekunder adalah tegangan yang terukur selama waktu peluruhan. Untuk menghitung nilai *apparent chargeability* (M_a) dilakukan dengan cara membandingkan nilai V_p dengan

nilai rata-rata V_s yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan V_s terhadap sampel waktu peluruhan (Aryaseto dkk, 2017).

Chargeabilitas merupakan suatu besaran yang mencerminkan sifat bahan dan mencakup semua gejala penyebab polarisasi terinduksi. Chargeabilitas adalah parameter utama yang digunakan untuk menentukan lapisan yang mengandung unsur logam (kromit). Lapisan batuan yang mengandung unsur logam memiliki nilai chargeabilitas yang tinggi, sedangkan lapisan batuan yang tidak mengandung unsur logam akan memiliki nilai chargeabilitas yang rendah (Santoso dan Subagio, 2016).

Nilai *chargeability* yang terukur adalah *chargeability* semu (*apparent chargeability*). *Chargeability* semu menunjukkan lama tidaknya efek polarisasi untuk menghilang sesaat setelah arus dimatikan. *Chargeability* semu bergantung pada jenis bahan dan selang waktu pengaliran arus. Perbandingan antara tegangan yang terukur selama arus dimatikan (t_1 sampai t_2) dengan tegangan saat arus diinjeksikan disebut *chargeability* semu (Rahmi dkk, 2015). Persamaan *chargeability* semu (M_a) dapat dituliskan sebagai berikut (Telford *et al*, 1990):

$$M_a = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_s(t) dt \quad (2.1)$$

Chargeabilitas semu menunjukkan lama tidaknya efek polarisasi sesaat setelah arus dimatikan. Apabila waktu delay lama maka nilai M_a akan besar, sehingga dapat diasumsikan bahwa terdeteksi mineral konduktif (Sharma, 1997).

Parameter pengukuran kedua dalam domain waktu adalah efek polarisasi terinduksi. Parameter ini merupakan pengukuran yang sederhana karena hanya menggunakan perbandingan tegangan sekunder (tegangan residual saat t_{putus}) dan tegangan primer (Vebrianto, 2016). Efek polarisasi terinduksi dapat dinyatakan melalui persamaan (Telford *et al*, 1990):

$$IP\ Effect = \frac{V_s}{V_p} \times 100 \quad (2.2)$$

dengan *IP Effect* merupakan efek polarisasi terinduksi (millivolt/volt), V_s adalah tegangan residual saat t_{putus} (millivolt), dan V_p adalah tegangan primer (volt).

b. *Frequency Domain*

Prinsip *frequency domain* adalah dengan mengukur respon batuan yang mengandung mineral konduktif maupun yang tidak mengandung mineral konduktif, yaitu dengan cara memberikan impedansi pada dua frekuensi yang berbeda (frekuensi rendah dan frekuensi tinggi). Jika pada batuan yang mengandung mineral konduktif, maka resistivitas akan sama pada setiap frekuensinya. Namun, jika pada batuan yang mengandung mineral isolatif, maka resistivitas pada frekuensi tinggi akan lebih rendah dibandingkan resistivitas pada frekuensi rendah (Kearey *et al*, 2002).

Pada metode IP (*Induced Polarization*), satu frekuensi pengukuran cukup untuk menghitung nilai resistivitas semu, hal ini dapat dapat didefinisikan melalui persamaan (Telford *et al*, 1990):

$$FE = \frac{\rho_{dc} - \rho_{ac}}{\rho_{ac}} = \left(\frac{\rho_{dc}}{\rho_{ac}} \right) - 1 \quad (2.3)$$

dengan FE merupakan nilai *Frequency Effect*, sedangkan *Percent Frequency Effect* dilambangkan dengan PFE, dan dapat dinyatakan melalui persamaan (Telford *et al*, 1990):

$$PFE = \frac{100(\rho_{dc} - \rho_{ac})}{\rho_{ac}} \quad (2.4)$$

dengan ρ_{dc} dan ρ_{ac} merupakan nilai resistivitas semu yang terukur dan memiliki frekuensi yang tinggi.

Pengukuran efek polarisasi terinduksi dengan domain frekuensi dapat dilakukan dengan cara membandingkan gelombang sinus yang ditransmisikan ke dalam bumi dengan sinyal yang diterima. Dari perbandingan tersebut, dapat dilihat perbedaan fase antara gelombang sinus yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Perbedaan fase antara gelombang sinus tersebut seolah-olah sebagai tingkat *chargeability* dengan satuan yang digunakan adalah milidetik. Semakin tinggi nilai *chargeability* maka dapat diinterpretasikan adanya mineral logam dasar atau mineral logam yang lain (Vebrianto, 2016).

2.3.2 Jenis-Jenis Polarisasi

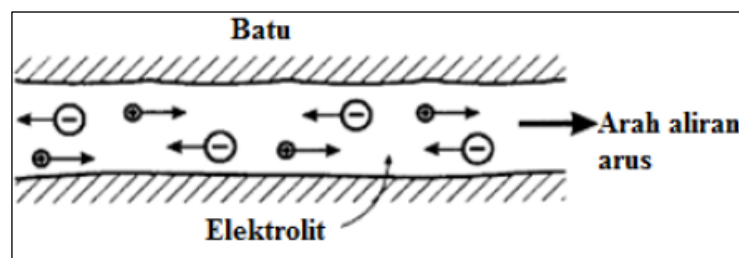
Jenis-jenis polarisasi dapat terbagi menjadi 2 yaitu polarisasi elektroda dan polarisasi membran

a. Polarisasi Elektroda

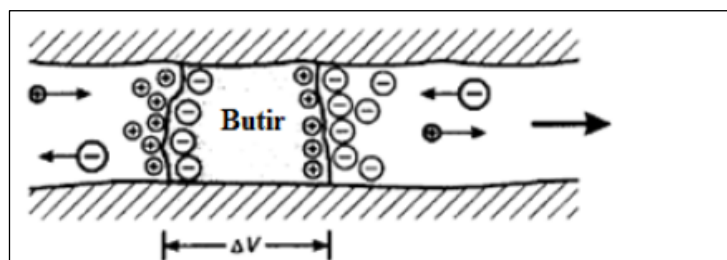
Polarisasi elektroda dikenal sebagai polarisasi elektrolit atau polarisasi logam, dapat terjadi apabila terdapat proses kimia fisika berupa elektrolisis dalam suatu mineral logam dan larutan elektrolit terdapat beda tegangan antara ion positif dan ion negatif. Arus listrik selama beberapa detik dapat

menimbulkan efek polarisasi yang terjadi di dalam batuan ataupun tanah (Vebrianto, 2016).

Ketika arus listrik diinjeksikan pada batuan yang mempunyai partikel mineral logam, kesetimbangan antar ion menjadi terganggu sehingga menyebabkan terakumulasinya muatan positif dan negatif pada sisi-sisi bidang batas mineral membentuk sepasang elektroda. Akumulasi muatan tersebut mengakibatkan beda potensial baru karena penambahan muatan listrik, hal ini dapat disebut dengan *Overvoltage* (Setiarini dkk, 2018).



(a)



(b)

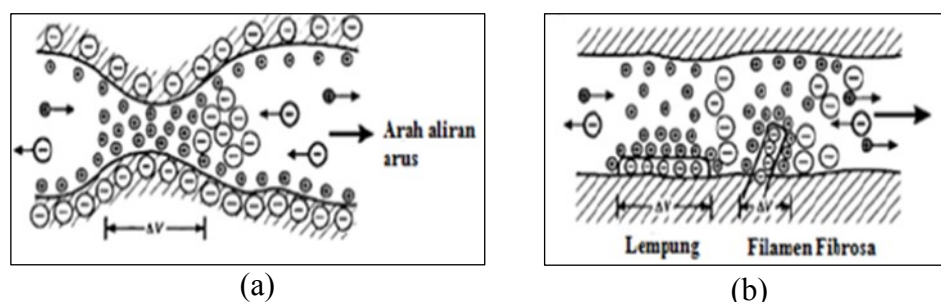
Gambar 2.2 (a) Distribusi Ion yang Membentuk Potensial Diri, (b) Polarisasi yang Terjadi saat Injeksi Arus
(Sumber: Reynolds, 1997)

Dalam mekanisme tersebut potensial yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih besar dari potensial yang terjadi pada reaksi elektrolit. Ketika arus listrik dimatikan muatan tersebut tertahan sesaat sebelum akhirnya kembali pada posisi sebenarnya, sehingga penumpukan muatan ini membentuk semacam kapasitor. Parameter dalam pengukuran IP adalah lamanya waktu yang

dibutuhkan muatan untuk kembali ke posisi semula yang akan dideteksi sebagai peluruhan potensial (Reynolds, 1997).

b. Polarisasi Membran

Polarisasi membran dikenal sebagai polarisasi non logam yang pada umumnya terjadi pada mineral lempung atau terjadi pada suatu mineral non logam yang memiliki pori-pori terisi elektrolit. Efek polarisasi ini dapat terjadi juga pada kondisi batuan non logam yang tidak dialiri arus listrik karena terdapat ion-ion negatif yang berada pada mineral tersebut. Peristiwa pembendungan aliran listrik dapat terjadi karena pada struktur penyusun mineral lempung dapat menangkap ion-ion positif dan membentuk awan positif di daerah permukaan mineral lempung dan semakin luas pada elektrolit. Akibatnya aliran listrik yang diinjeksikan terhambat karena kemampuan mobilitas ion berkurang dan dapat terjadi hambatan ionik sepanjang pori-pori batuan di permukaan mineral lempung (Kearey *et al*, 2002).



Gambar 2.3 (a) Penyempitan di Dalam Saluran Antara Butiran Mineral dan Partikel Lempung Bermuatan Negatif, (b) Filemen Fibrosa Berserat di Sepanjang Sisi Saluran
(Sumber: Kearey *et al*, 2002)

2.3.3 Nilai *Chargeability*

Nilai *chargeability* setiap batuan berbeda-beda, hal tersebut berkaitan dengan efek polarisasi membran yang terjadi pada batuan dan kandungan

mineralnya. Berikut merupakan tabel nilai *chargeability* beberapa mineral dan batuan (Telford *et al*, 1990; Kearey *et al*, 2002):

Tabel 2.1 Nilai *Chargeability* Mineral (Sumber: Telford *et al*, 1990; Kearey *et al*, 2002)

Mineral	<i>Chargeability</i> (ms)
Pirit	13,4
Kalkosit	13,2
Tembaga	12,3
Grafit	11,2
Kalkopirit	9,4
Bornit	6,3
Galena	3,7
Magnesit	2,2
Malasit	0,2
Hematit	0

Tabel 2.2 *Chargeability* Mineral dan Batuan (Sumber: Telford *et al*, 1990; Kearey *et al*, 2002)

Mineral/Batuan	<i>Chargeability</i> (ms)
Sulfida 20%	2.000 - 3.000
Sulfida 8-20%	1.000 - 2.000
Sulfida 2-8%	500 - 1.000
Tuff Vulkanik	300 - 800
Batu Pasir, Batu Lumpur	100 - 500
Batu Vulkanik	100 - 500
Serpih	50 - 100
Granit, Granodiorit	10 - 50
Batu Kapur, Dolomit	10 - 50

Tabel 2.3 *Chargeability* Materi (Sumber: Telford *et al*, 1990; Kearey *et al*, 2002)

Materi	<i>Chargeability</i> (ms)
Sekis	5 - 20
Kuarsit	5 - 12
Argilit	3 - 10
Kerikil	3 - 9
<i>Alluvium</i>	1 - 4
Air Tanah	0

2.4 Konfigurasi Elektroda

Konfigurasi elektroda dalam metode geolistrik dapat diartikan sebagai penataan elektroda-elektroda arus dan elektroda potensial. Teknik pengambilan informasi bawah permukaan bumi dapat menggunakan konfigurasi elektroda.

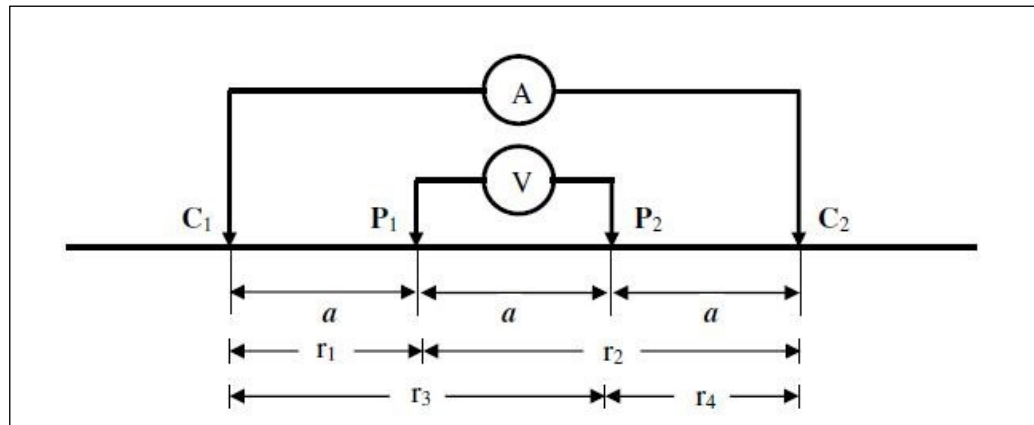
Penempatan elektroda biasanya diletakkan dalam satu lintasan yang berbentuk garis lurus dan simetris. Hal tersebut dilakukan supaya hubungan antara konfigurasi yang dipilih dan faktor koreksi geometri dapat digunakan (Vebrianto, 2016).

Penggunaan konfigurasi elektroda mempunyai kelebihan serta kekurangan pada setiap metode geolistrik yang dipakai. Kedalaman yang dijangkau oleh setiap konfigurasi elektroda sangat berbeda-beda, hal tersebut tergantung pada penetrasi arus listrik dan voltmeter yang digunakan. Besarnya arus listrik menunjukkan keakuratan nilai sedangkan voltmeter menunjukkan ketelitian pengukuran. Semakin panjang jarak antar elektroda maka semakin dalam titik ukur yang dapat dijangkau oleh instrumen geolistrik (Vebrianto, 2016).

Konfigurasi elektroda dalam metode geolistrik yang sering digunakan adalah konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner-Schlumberger, konfigurasi Dipole-Dipole, konfigurasi Pole-Dipole, dan konfigurasi Pole-Pole. Penggunaan konfigurasi elektroda tersebut harus disesuaikan dengan kondisi lapangan yang akan dijadikan sebagai lokasi penelitian.

2.4.1 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner memiliki tiga jenis konfigurasi yaitu Wenner Alpha, Wenner Beta, dan Wenner Gamma. Konfigurasi elektroda yang sering digunakan di lapangan adalah konfigurasi Wenner Alpha. Titik ukur konfigurasi Wenner Alpha berada di antara elektroda potensial pertama dan elektroda potensial kedua. Adapun penempatan elektroda pada konfigurasi Wenner Alpha adalah (Telford *et al*, 1990):



Gambar 2.4 Konfigurasi Wenner Alpha
(Sumber: Telford *et al*, 1990)

Wenner Alpha memiliki konfigurasi elektroda potensial yang berada diantara elektroda arus yang tersusun dari C1-P1-P2-C2. Jarak elektroda yang satu dengan yang lainnya sama dengan a . Kelebihan dan keterbatasan konfigurasi Wenner Alpha adalah (Loke, 2004):

- a. Konfigurasi elektroda Wenner Alpha sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal tersebut terjadi karena anomali geologi diamati oleh elektroda C1 dan P1 berkali-kali. Namun demikian untuk jarak C-P yang lebih pendek, daya penetrasi (tembus) lebih besar, sehingga berlaku untuk eksplorasi ke dalam.
- b. Karena bidang akuipotensial untuk benda homogen berupa bola, maka data-data lebih mudah di proses dan dimengerti, di samping itu nilai error kecil.
- c. Karena sensitif terhadap perubahan-perubahan ke arah lateral di permukaan, konfigurasi ini banyak digunakan untuk penyelidikan *geothermal*.

2.5 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Ngawi adalah salah satu daerah yang terletak di Propinsi Jawa Timur bagian barat dan berbatasan langsung dengan Propinsi Jawa Tengah. Secara geografis, Ngawi memiliki luas daerah sekitar 3025 km² dengan dibatasi oleh koordinat 7°00' - 7°30' Lintang Selatan dan 111°00' - 111°30' Bujur Timur. Ngawi dibatasi oleh empat daerah yakni sebelah timur dibatasi oleh Kabupaten Bojonegoro, sebelah utara dibatasi oleh Kabupaten Rembang, sebelah barat dibatasi oleh Kabupaten Salatiga, dan sebelah selatan dibatasi oleh Kabupaten Ponorogo (Datun dan Sukandar, 1985).

Secara morfologi daerah Ngawi terbagi menjadi enam bagian yakni dataran vulkanik Sragen-Ngawi, dataran aluvium Randublatung, perbukitan Blora-Cepu, perbukitan Kendeng, dan lereng Gunung Lawu. Lereng Gunung Lawu terletak di bagian selatan lembar Ngawi dan lereng terbawah Gunung Lawu merupakan batas utaranya. Daerah tersebut memiliki endapan Gunung Lawu muda dan berada pada ketinggian antara 80 m – 500 m (Datun dan Sukandar, 1985).

Daerah yang dijadikan sebagai lokasi penelitian terletak di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren, Kabupaten Ngawi yang berada di Lajur Solo. Daerah tersebut memiliki formasi Endapan Lawu (Ql) yang terdiri dari batulempung-lanau gunungapi, batupasir gunungapi, lava dan breksi gunungapi (Datun dkk, 1996). Secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut (Datun dan Sukandar, 1985):

- a. Batulempung-lanau gunungapi (vulkanik), memiliki warna abu-abu coklat-coklat kekuningan, agak keras, dan berlapis 20 cm – 50 cm.

- b. Batupasir gunungapi (vulkanik), memiliki warna abu-abu kecoklatan, kesarangan sedang baik, di beberapa tempat konglomeratan dan berlapis 15 cm – 70 cm, adakalanya memiliki struktur silang-siur.
- c. Lava, memiliki warna abu-abu gelap, bersifat andesit lowong bekas gas terlihat jelas, dan menyisip di antara breksi lava.
- d. Breksi gunungapi (vulkanik), memiliki warna abu-abu gelap, kepingan andesit, berukuran 4 cm - 15 cm, di beberapa tempat berukuran lebih besar bahkan mencapai 2 m, berbentuk meruncing-meruncing tanggung dan agak padat

Struktur bawah permukaan tanah tersusun atas berbagai macam lapisan dengan sifat fisisnya masing-masing berupa warna, densitas, satuan penyusun dan lain-lain. Seperti tertera pada ayat Al-Qur'an surah Faathir ayat 27 berikut:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ
وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَعَرَايِبُ سُودٌ

Artinya: "Tidakkah kamu melihat bahwasannya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan diantara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat" (Q.S. Faathir: 27)

Berdasarkan ayat di atas, gunung tersusun dari berbagai lapisan dengan ciri lapisan yang berbeda-beda. Menurut ilmu geologi, gunung dan daratan yang kita tempati merupakan lapisan litosfer bumi yang terdiri dari berbagai lapisan. Lapisan ini terbentuk akibat adanya sedimentasi dari batuan yang berbeda-beda sehingga membentuk menyerupai garis-garis (Jazmi dan Nordyana, 2013).

Secara khusus batuan gunungapi (vulkanik) tersebut merupakan endapan Gunung Lawu Muda yang berumur kuartar, namun secara keseluruhan merupakan

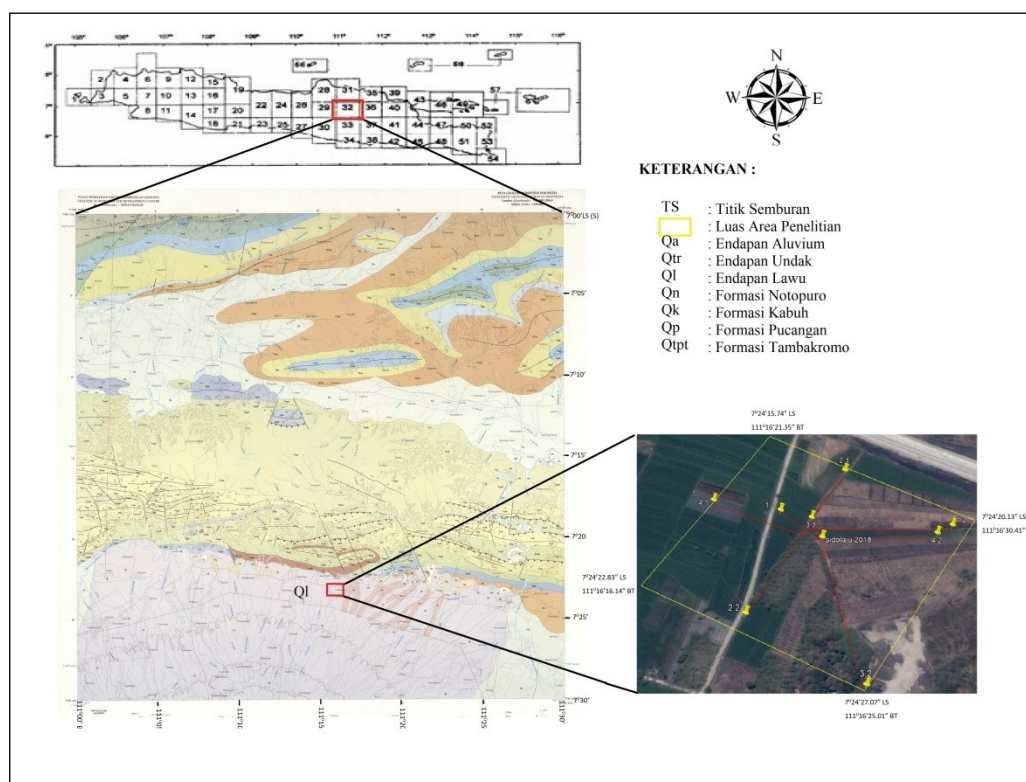
endapan lahar Gunung Lawu. Sebarannya di lereng dan kaki Gunung Lawu mulai dari aliran Bengawan Solo berlanjut ke selatan hingga di batas lembar. Batulempung gunungapi (vulkanik) serta batupasir gunungapi (vulkanik) menempati hampir seluruh lereng, sedangkan breksi gunungapi (vulkanik) yang di beberapa tempat bersisipan dengan lava, terdapat di selatan menempati lereng yang lebih curam. Endapan tersebut ketebalannya tidak dapat ditentukan dengan pasti, menindih tak selaras formasi yang lebih tua di lajur Kendeng bagian selatan (Datun dan Sukandar, 1985).

Daerah Ngawi memiliki sumber daya mineral dan energi berupa galian diantaranya pasir, air garam, batugamping, dan minyak bumi. Apabila bahan galian tersebut akan dimanfaatkan dengan baik maka perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai jumlah cadangan dan mutu cadangan yang tersedia, kemudahan pengangkutan bahan-bahan tersebut serta kemungkinan pengaruhnya terhadap lingkungan terutama bila memungkinkan untuk diambil dalam jumlah yang besar (Datun dan Sukandar, 1985).

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 area laut dalam menjadi area laut dangkal. Aktivitas tektonik pada masa ini juga mengakibatkan terbentuknya struktur yang kompleks (pelipatan, pengangkatan, serta patahan) pada zona Kendeng di bagian selatan Bojonegoro sehingga yang awal mulanya laut dangkal berganti menjadi daratan. Proses sedimentasi yang berlangsung cepat serta 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).

Material yang dimuntahkan pada saat erupsi gunungapi tersebut 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.



Gambar 2.5 Peta Daerah Penelitian

2.5.1 Geomorfologi

Secara geomorfologi, Lembar Ngawi terbagi menjadi 6 kesatuan yaitu lereng Gunung Lawu, dataran vulkanik Sragen-Ngawi, perbukitan Kendeng, Perbukitan Blora-Cepu serta dataran aluvium Randublatung. Lereng Gunung Lawu terletak di bagian selatan lembar. Ketinggian daerah ini berkisar antara 80

- 500 meter, makin ke arah selatan makin meninggi, dan daerah ini ditempati endapan Gunung Lawu Muda (Datun dan Sukandar, 1985).

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 dan medan agak bergelombang. Daerah ini ditempati oleh endapan vulkanik Gunung Lawu dan endapan Bengawan Solo beserta anak sungainya (Datun dan Sukandar, 1985).

Dataran aluvium Ngawi-Madiun menempati bagian pojok tengah Lembar Ngawi. Bahannya berupa aluvium di bagian hilir aliran K. Madiun yang bermuara di Bengawan Solo di Selatan Ngawi. Dataran ini terletak pada ketinggian 45 – 55 meter di atas permukaan laut dan melebar makin ke selatan (Datun dan Sukandar, 1985).

Perbukitan Kendeng terletak di utara daerah aliran Bengawan Solo. Terbentuk karena adanya perlipatan dan persesaran sepanjang lajur yang hampir timur-barat. Ketinggiannya berkisar 60 – 170 meter di atas permukaan laut. Daerah ini didominasi oleh napal, batugamping, batulempung, dan batupasir tufaan serta sedikit breksi (Datun dan Sukandar, 1985).

Perbukitan Blora-Cepu merupakan sebagian dari perbukitan Blora-Cepu barat dan barat daya. Perbukitan ini terutama ditempati oleh napal, batugamping, dan batulempung. Dataran aluvium Randublatung terletak hampir di bagian tengah lembar, memanjang mulai daerah Randublatung hingga di selatan Tawangarjo. Daerah yang hampir datar dengan ketinggian 45 – 60 meter di atas

permukaan laut ini terisi oleh endapan aluvium Sungai Lusi dan Sungai Wulung beserta anak sungainya (Datun dan Sukandar, 1985).

2.5.2 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 dan Sukandar, 1985).

Lajur Kendeng dicirikan oleh batuan sedimen Tersier dan Kuartar yang bersifat vulkanik, sedang Lajur Rembang tidak. Lekuk Randublatung sejauh yang bisa diketahui berupa aluvium sedangkan deretan gunungapi Jawa Tengah Selatan terdiri dari rempah-rempah gunungapi Kuartar (Datun dan Sukandar, 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 dan Sukandar, 1985).

Formasi Kalibeng diendapkan di sekitar neritik dalam batial atas dengan alur-alur bawah laut menghasilkan anggota banyak. Mendekati 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 dan Sukandar, 1985).

Secara selaras di atasnya diendapkan Formasi Kabuh yang terdiri dari batupasir berstruktur silang siur jenis palung, konglomeratan, 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 dan Sukandar, 1985).

Di Lajur Rembang Selatan, batuan tertua yang tersingkap adalah anggota Ngrayong Formasi Tuban. Batuan ini terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung pasiran dengan selingan batugamping dan napal. Anggota ini diendapkan di lingkungan neritik dangkal dekat pantai, pada Miosen tengah bagian tengah (Datun dan Sukandar, 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 dan Sukandar, 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 dan Sukandar, 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 diendapkan sampai Plistosen (Datun dan Sukandar, 1985).

Aktivitas Gunung Lawu 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. Pelemparannya cukup luas di daerah Randublatung (Datun dan Sukandar, 1985).

2.5.3 Struktur dan Tektonika

Struktur geologi yang terdapat di Lembar Ngawi terdiri dari antiklin, sinklin dan sesar. Di Lajur Kendeng umumnya struktur lipatan memiliki arah pola umum hampir timur-barat dengan bentuk lipatan yang setangkup, dan sayap utara umumnya relatif curam 30° - 60° , daripada sayap selatan. Sedangkan

dijumpai struktur sesar cukup banyak dalam skala yang besar. Dijumpai pula sesar naik dan sebagian sesar geser yang di beberapa tempat membentuk sesar sungkup dan sesar turun. Sesar geser mempunyai pola umum timur laut - barat daya dan barat laut – tenggara memotong sumbu lipatan berkisar 20° - 40° (Datun dan Sukandar, 1985).

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, sedangkan 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 genang laut membentuk Formasi Wonocolo dan Formasi Madura yang berbeda Fasies dan diikuti oleh pembentukan Formasi Ledok dan Formasi Mundu (Datun dan Sukandar, 1985).

Pada saat yang hampir bersamaan di Lajur Kendeng terendapkan Formasi Kerek dan Formasi Kalibeng hingga awal Pliosen bawah. Kemudian lajur ini mengalami pengangkatan (persesaran dan pelipatan) oleh suatu orogenesis 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 dan Sukandar, 1985).

Pada pertengahan Plistosen bawah, Lajur Rembang selatan mengalami pengangkatan oleh orogenesis Kuartar. Pada saat tersebut kelihatannya Lajur Kendeng pada bagian-bagian yang nisbi rendah, terisi oleh endapan lahar atau 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 dan Sukandar, 1985).

Daerah penelitian ini berada pada Lajur Solo yang memiliki Formasi Endapan Gunung Lawu (Q1) yang berupa batupasir vulkanik, batulempung, lanau vulkanik, breksi vulkanik, dan lava. Batupasir vulkanik berwarna abu-abu kecoklatan di beberapa tempat konglomeratan, dan berlapis 15 cm – 70 cm. Terkadang berstruktur silang-siur. Batulempung-lanau vulkanik berwarna abu-abu, coklat-coklat kekuningan, agak keras, berlapis 20 cm – 110 cm. breksi vulkanik berwarna abu-abu gelap, kepingan andesit, berukuran 4 cm – 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 lorong bekas gas terlihat jelas, menyisip diantara breksi lava (Datun dan Sukandar, 1985).

Secara keseluruhan batuan vulkanik tersebut merupakan endapan lahar Gunung Lawu, namun secara khusus merupakan endapan Gunung Lawu muda yang berumur kuartar. Sebenarnya di lereng dan kaki Gunung Lawu dari aliran Bengawan Solo berlanjut ke selatan sampai batas lembar. Batu lempung vulkanik yang di beberapa tempat bersisipan dengan 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 lajur Kendeng bagian selatan (Datun dan Sukandar, 1985).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengukuran metode IP (*Induced Polarization*) berlokasi di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi Provinsi Jawa Timur. Lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian adalah bekas semburan gas di area persawahan. Data ini diambil selama 1 hari, yaitu pada tanggal 17 Agustus 2019. Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Titik Akuisisi Data

3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam akuisisi data di lokasi penelitian adalah:

1. Main Unit Resistivity
2. Ekstention Box
3. Kabel Power Main Unit
4. Kabel Multielektroda

5. Kabel Ekstensi
6. Jepit Buaya Multi Elektroda
7. Elektroda
8. Aki
9. Palu
10. Payung
11. Multimeter
12. Kunci Pas
13. Caping
14. Sarung tangan
15. Charger Aki
16. HT
17. GPS

3.3 Metode Pengambilan Data

Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelum melaksanakan pengambilan data di lokasi penelitian adalah survey lokasi, mengumpulkan referensi mengenai gas biogenik, mengetahui struktur geologi sekitar area penelitian, serta mempelajari metode yang akan digunakan pada saat penelitian. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode IP (*Induced Polarization*) dengan konfigurasi Wenner Alpha. Metode pengambilan data di lokasi penelitian dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Membentangkan kabel multielektroda sepanjang lintasan pengukuran yaitu 240 meter sebanyak 3 lintasan dan 320 meter sebanyak 1 lintasan

2. Memasang elektroda di setiap titik pengukuran dengan spasi antar elektroda sepanjang 5 meter.
3. Menghubungkan setiap elektroda yang telah terpasang pada *resistivitymeter* dengan menggunakan kabel konektor.
4. Menginjeksikan arus ke dalam bumi melalui dua elektroda arus.
5. Mencatat koordinat serta ketinggian sudut elevasi pada setiap lintasan.

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data di lapangan selain alat *Geolistrik Multichannel Multielectrode Resistivity and IP meter merk MAE* antara lain: kabel (power main unit, multielektroda, ekstensi), jepit buaya, elektroda, aki, palu, GPS, dan lain lain. Kabel digunakan untuk menghubungkan (arus listrik) dari alat satu ke alat yang lain. Jepit buaya berfungsi untuk menghubungkan antara elektroda dengan kabel. Elektroda berfungsi sebagai elektroda arus dan elektroda potensial yang ditancapkan di permukaan tanah. Aki digunakan sebagai sumber arus listrik yang diinjeksikan ke dalam tanah. Palu digunakan untuk memukul elektroda agar tertancap di tanah dengan baik. GPS digunakan untuk mengukur koordinat dan sudut elevasi di setiap titik pengukuran.

Desain pengambilan data yang dilakukan di lokasi penelitian berbentuk menyilang dengan setiap lintasannya saling berkaitan atau saling memotong, lintasan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1. Desain pengambilan data berbentuk seperti pada Gambar 3.1 nantinya diharapkan agar memperoleh hasil mengenai sebaran gas biogenik di sekitar area semburan dengan sangat baik.

3.4 Metode Pengolahan Data

Proses pengolahan data dilakukan untuk mengubah data primer yang telah diperoleh di lapangan menjadi sebuah data yang nantinya bisa diinterpretasi dan

dianalisis. Data primer yang telah tersimpan pada alat dapat digunakan dengan cara mendownload data secara langsung. Ketika proses akuisisi data IP (*Induced Polarization*) dengan menggunakan konfigurasi Wenner, data yang diambil antara lain data posisi dari masing-masing elektroda, data beda tegangan (V), arus yang digunakan (I), nilai chargeabilitas (M), dan nilai resistivitas. Setelah semua parameter tersebut dikumpulkan maka data dapat dilakukan *processing* dengan menggunakan *software* Res2Dinv.

Software Res2Dinv digunakan untuk menginversi data-data IP (*Induced Polarization*) sehingga yang mulanya data yang diperoleh berupa *apparent resistivity/chargeability* dapat diubah menjadi *true resistivity/chargeability*. Adapun yang dihasilkan dari *software* Res2Dinv adalah analisa 2D (2 Dimensi) yang ditampilkan dengan gambar penampang model inversi sesuai dengan keadaan alam yang berupa kedalaman dan nilai resistivitas maupun chargeabilitas.

Awal dari proses penginversian data dapat diperoleh nilai *error* (RMS *error*) yang sangat besar. Untuk memperkecil nilai *error* tersebut harus dilakukan pengeditan pada setiap lintasan. Karena semakin besar nilai *error* maka model penampang bawah permukaan semakin tidak sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang sesungguhnya, dan begitupun sebaliknya. Hal tersebut dapat dilakukan pada menu “Edit” dan pilih “Exterminate bad datum points”. Menu ini bisa mengurangi nilai *error* dengan cara menghilangkan datum-datum yang memiliki nilai buruk.

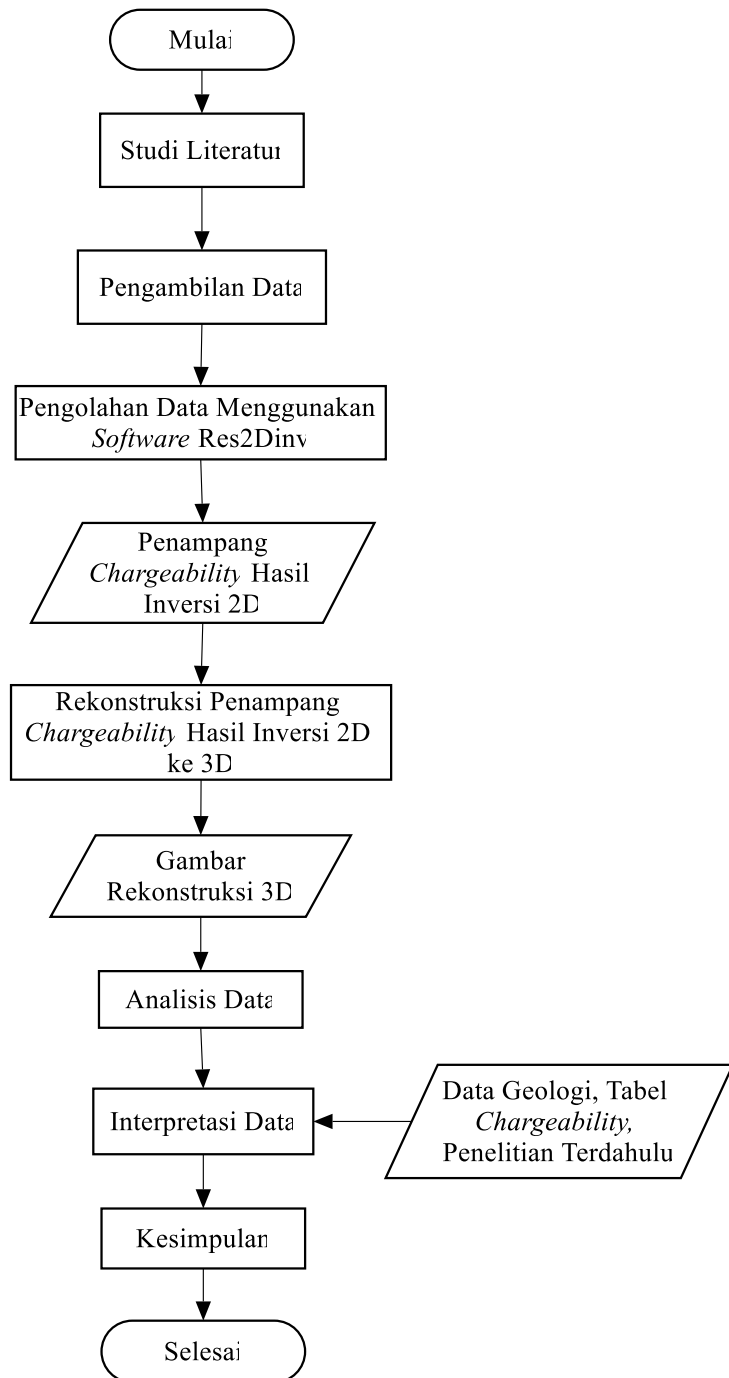
Semua data yang telah diinput maka akan diproses oleh *software* sehingga menunjukkan hasil inversi berupa kondisi penampang lapisan bawah permukaan tanah (penampang 2D) di area penelitian, kedalaman, nilai *chargeability*, serta

nilai error. Selanjutnya, penampang chargeabilitas 2D direkonstruksi menjadi penampang chargeabilitas 3D dengan menggunakan *software* Blender yang nantinya akan dianalisis serta diinterpretasi datanya.

3.5 Metode Analisis dan Interpretasi Data

Metode analisis data merupakan metode yang digunakan untuk mencari serta menata secara detail data dari hasil penelitian dan literatur. Metode ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai *chargeability* yang didapatkan oleh *software* Res2dinv dengan nilai *chargeability* yang sesuai referensi. Data yang telah dianalisis kemudian diinterpretasi untuk mengetahui area mana saja yang terindikasi oleh gas biogenik. Interpretasi data merupakan suatu metode yang digunakan untuk menggabungkan hasil dari analisis data. Interpretasi data ini dilakukan dengan cara mengumpulkan hasil dari analisis data dan dikuatkan ataupun didukung dengan data geologi daerah penelitian serta data-data penunjang (literatur) yang telah diperoleh sebelumnya. Sehingga, dapat diketahui daerah yang teridentifikasi sebaran gas biogenik serta litologi bawah permukaan tanah di area penelitian.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Fenomena alam semburan gas ini telah terjadi di Desa Sidolaju, Kecamatan Widodaren, Kabupaten Ngawi. Fenomena tersebut merupakan salah satu dari sekian fenomena yang telah terjadi di daerah Ngawi terutama kasus semburan air, lumpur, maupun api yang disertai dengan gas. Objek dari penelitian yang dilakukan adalah gas biogenik (indikasi sebaran gas biogenik). Banyak sekali semburan yang telah terjadi di daerah tersebut, namun yang diteliti pada eksplorasi ini adalah semburan yang terjadi pada tahun 2018. Penelitian ini termasuk penelitian yang pertama kali, dikarenakan sebelumnya belum pernah ada yang melakukan penelitian di daerah tersebut. Sehingga data atau informasi mengenai kasus tersebut didapat dari beberapa sumber media, pernyataan beberapa warga dan pemilik sawah (lokasi yang digunakan untuk penelitian).

4.1 Analisis Data

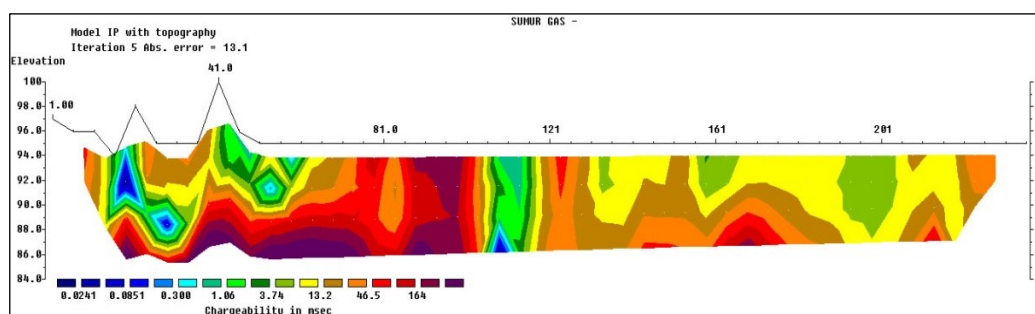
Analisis data dilakukan berdasarkan data-data yang telah diperoleh di lapangan penelitian. Parameter yang didapatkan di lapangan berupa nilai kuat arus (I), tegangan (V), dan nilai *chargeability* (M) semu. Berikut merupakan nilai koordinat dari setiap lintasan yang telah didapat di lapangan:

1. Lintasan 1 membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan titik koordinat awal terletak pada $07^{\circ}24'19,7''$ LS dan $111^{\circ}16'21,8''$ BT. Titik koordinat akhir terletak pada $07^{\circ}24'20,5''$ LS dan $111^{\circ}16'29,3''$ BT.
2. Lintasan 2 membentang dari arah timur laut ke barat daya dengan titik koordinat awal terletak pada $07^{\circ}24'17,77''$ LS dan $111^{\circ}16'24,7''$ BT. Titik koordinat akhir terletak pada $07^{\circ}24'21,65''$ LS dan $111^{\circ}16'20,36''$ BT.

3. Lintasan 3 membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan titik koordinat awal terletak pada $07^{\circ}24'20,08''$ LS dan $111^{\circ}16'23,17''$ BT. Titik koordinat akhir terletak pada $07^{\circ}24'27,30''$ LS dan $111^{\circ}16'25,05''$ BT.
4. Lintasan 4 membentang dari arah barat ke timur dengan titik koordinat awal terletak pada $07^{\circ}24'19,17''$ LS dan $111^{\circ}16'18,84''$ BT. Titik koordinat akhir terletak pada $07^{\circ}24'120,87''$ LS dan $111^{\circ}16'28,60''$ BT.

4.1.1 Lintasan 1

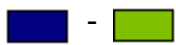





Lintasan 1 membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan titik koordinat awal terletak pada $07^{\circ}24'19,7''$ LS dan $111^{\circ}16'21,8''$ BT. Titik koordinat akhir terletak pada $07^{\circ}24'20,5''$ LS dan $111^{\circ}16'29,3''$ BT. Pada pengolahan data geolistrik menggunakan *software* Res2Dinv yang dihasilkan adalah analisa 2D (2 Dimensi) yang ditampilkan dengan gambar penampang model inversi. Adapun nilai *error* yang dibutuhkan adalah sekecil mungkin, hal tersebut dikarenakan semakin kecil nilai *error* maka model penampang yang dihasilkan semakin mendekati litologi bawah permukaan tanah yang sesungguhnya. Berdasarkan hasil inversi pada lintasan 1 ini kedalaman yang terdeteksi yaitu dari kedalaman 1,25 meter hingga 9,94 meter. Berikut merupakan gambar model penampang chargeabilitas 2D pada lintasan 1 dengan menggunakan *software* Res2Dinv:



Gambar 4.1 Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 1

Berdasarkan Gambar 4.1 model penampang chargeabilitas 2D didapatkan nilai *error* sebesar 13,1%. Sepanjang garis horizontal pada Gambar 4.1 merupakan lintasan titik pengukuran yang terpasang elektroda dengan spasi 5 meter pada setiap titiknya. Letak sumur semburan berada pada jarak sekitar 54 meter dari elektroda pertama yang ditandai dengan titik 1.00. Berikut merupakan hasil analisis data lapisan bawah permukaan tanah berdasarkan model penampang chargeabilitas 2D yang dihasilkan oleh *software* Res2Dinv:

Tabel 4.1 Hasil Analisis Lintasan 1 (Sumber acuan: Laporan Geologi Lembar Ngawi, 1985 dan Telford, 1990)

No.	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan dan Material
1.	 - 	0.0241 – 8.74	<i>Alluvium</i> (asosiasi lempung)
2.	 - 	9.20 – 95.03	Lempung (asosiasi lanau)
3.	 - 	104.33 - >164	Lempung (asosiasi batupasir)

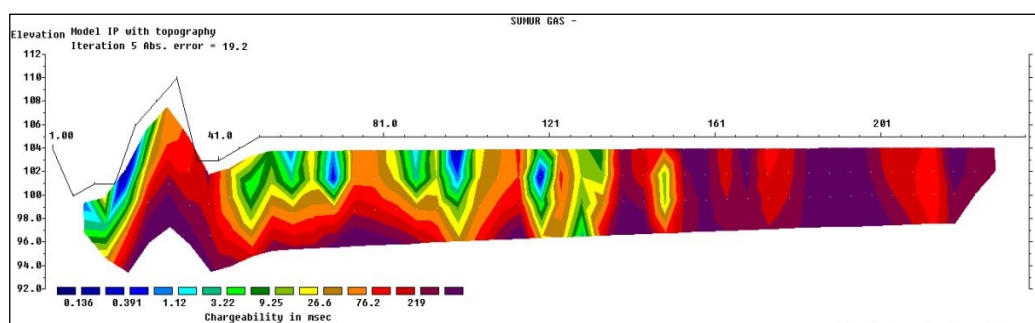
Tabel 4.1 merupakan tabel hasil analisis lintasan 1. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa jenis batuan dan jenis material dapat dibedakan berdasarkan nilai chargeabilitasnya. Penentuan jenis batuan dan material mengacu pada tabel chargeabilitas yang telah diperoleh dari berbagai referensi. Dikarenakan setiap daerah penelitian memiliki struktur geologi masing-masing, maka tidak hanya tabel chargeabilitas saja yang dibutuhkan, data-data yang ada di daerah penelitian juga sangat diperlukan untuk proses analisis data.

Pada penampang chargeabilitas lintasan 1 diduga gas biogenik tersebar dan bermigrasi melalui area yang memiliki nilai chargeabilitas 104.33 – >164 ms yang digambarkan dengan skala warna merah tua hingga ungu tua yaitu lempung yang berasosiasi dengan batupasir. Selain batuan tersebut, pada lintasan 1 diduga juga terdapat *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung memiliki nilai

chargeability sebesar 0.0241 – 8.74 ms dan lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki nilai *chargeability* sebesar 9.20 – 95.03 ms.

4.1.2 Lintasan 2

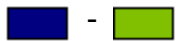

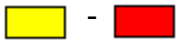



Panjang lintasan 2 adalah 240 meter yang membentang dari arah timur laut ke barat daya dengan titik koordinat awal terletak pada 07°24'17,77" LS dan 111°16'24,7" BT. Titik koordinat akhir terletak pada 07°24'21,65" LS dan 111°16'20,36" BT. Berdasarkan hasil inversi pada lintasan 2 ini kedalaman yang terdeteksi yaitu dari kedalaman 1,25 meter hingga 9,94 meter. Berikut merupakan gambar model penampang chargeabilitas 2D pada lintasan 2 dengan menggunakan *software* Res2Dinv:



Gambar 4.2 Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 2

Berdasarkan Gambar 4.2 model penampang chargeabilitas 2D didapatkan nilai *error* sebesar 19,2%. Sepanjang garis horizontal pada Gambar 4.2 merupakan lintasan titik pengukuran yang terpasang elektroda dengan spasi 5 meter pada setiap titiknya. Letak sumur semburan berada pada jarak sekitar 85 meter dari elektroda pertama yang ditandai dengan titik 1.00. Hasil analisis data lapisan bawah permukaan tanah berdasarkan model penampang chargeabilitas 2D yang dihasilkan oleh *software* Res2Dinv seperti pada tabel 4.2:

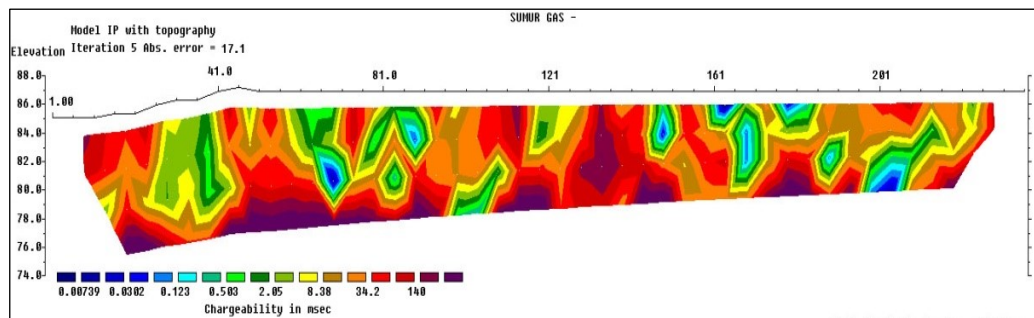
Tabel 4.2 Hasil Analisis Lintasan 2 (Sumber acuan: Laporan Geologi Lembar Ngawi, 1985 dan Telford, 1990)

No.	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan dan Material
1.	 - 	0.136 – 13.25	<i>Alluvium</i> (asosiasi lempung)
2.	 - 	20.60 – 97.382	Lempung (asosiasi lanau)
3.	 - 	100.84 - >219	Lempung (asosiasi batupasir)

Tabel 4.2 merupakan tabel hasil analisis lintasan 2. Pada Gambar 4.2 model penampang chargeabilitas 2D lintasan 2 diduga gas biogenik tersebar dan bermigrasi melalui area yang memiliki rentang nilai chargeabilitas 100.84 – >219 ms yang digambarkan dengan skala warna merah tua hingga ungu tua yaitu lempung yang berasosiasi dengan batupasir. Selain batuan tersebut, pada lintasan 2 diduga juga terdapat *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung memiliki nilai *chargeability* sebesar 0.136 – 13.25 ms dan lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki nilai *chargeability* sebesar 20.60 – 97.382 ms.

4.1.3 Lintasan 3

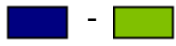
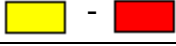
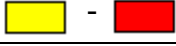


Lintasan 3 membentang dari arah barat laut ke tenggara dengan titik koordinat awal terletak pada 07°24'20,08" LS dan 111°16'23,17" BT. Titik koordinat akhir terletak pada 07°24'27,30" LS dan 111°16'25,05" BT.. Berdasarkan hasil inversi pada lintasan 3 ini kedalaman yang terdeteksi sama dengan lintasan 1 dan 2 yaitu dari kedalaman 1,25 meter hingga 9,94 meter. Berikut merupakan gambar model penampang chargeabilitas 2D pada lintasan 3 dengan menggunakan *software* Res2Dinv:



Gambar 4.3 Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 3

Berdasarkan Gambar 4.3 model penampang chargeabilitas 2D didapatkan nilai *error* sebesar 17,1%. Sepanjang garis horizontal pada Gambar 4.3 merupakan lintasan titik pengukuran yang terpasang elektroda dengan spasi 5 meter pada setiap titiknya. Letak sumur semburan berada pada jarak sekitar 46 meter dari elektroda pertama yang ditandai dengan titik 1.00. Hasil analisis data lapisan bawah permukaan tanah berdasarkan model penampang chargeabilitas 2D yang dihasilkan oleh *software* Res2Dinv seperti pada tabel 4.3:

Tabel 4.3 Hasil Analisis Lintasan 3 (Sumber acuan: Laporan Geologi Lembar Ngawi, 1985 dan Telford, 1990)

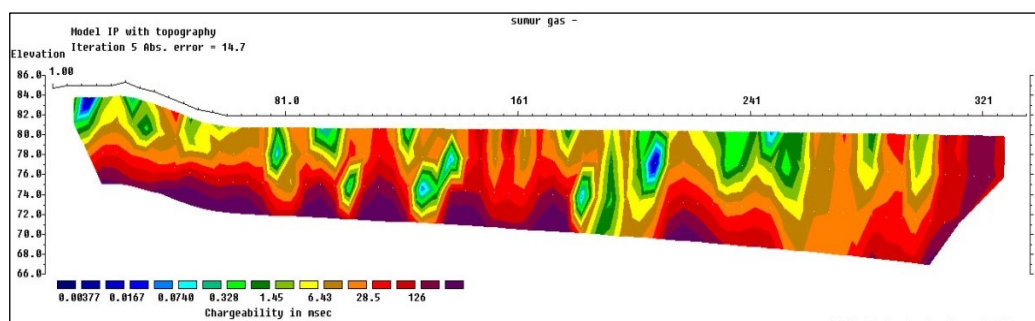
No.	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan dan Material
1.	 - 	0.00739 – 5.05	<i>Alluvium</i> (asosiasi lempung)
2.	 - 	7.38 – 99.829	Lempung (asosiasi lanau)
3.		108.9885 - >140	Lempung (asosiasi batupasir)

Hasil analisis lintasan 3 dapat dilihat pada tabel 4.3. Proses analisis data tersebut berdasarkan referensi tabel chargeabilitas dan struktur geologi dari tempat penelitian. Pada Gambar 4.3 model penampang chargeabilitas 2D lintasan 3 gas biogenik diduga tersebar dan bermigrasi melalui area yang memiliki rentang nilai chargeabilitas 108.9885 – >140 ms yang digambarkan dengan skala warna merah tua hingga ungu tua yaitu lempung yang berasosiasi dengan batupasir. Selain batuan tersebut, pada lintasan 3 diduga juga terdapat

alluvium yang berasosiasi dengan lempung memiliki nilai *chargeability* sebesar 0.00739 – 5.05 ms dan lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki nilai *chargeability* sebesar 7.38 – 99.829 ms.

4.1.4 Lintasan 4

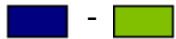



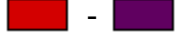

Panjang lintasan 4 adalah 320 meter yang membentang dari arah barat ke timur dengan titik koordinat awal terletak pada 07°24'19,17" LS dan 111°16'18,84" BT. Titik koordinat akhir terletak pada 07°24'120,87" LS dan 111°16'28,60" BT. Berdasarkan hasil inversi pada lintasan 4 ini kedalaman yang terdeteksi sama dengan lintasan-lintasan sebelumnya yaitu dari kedalaman 1,25 meter hingga 9,94 meter. Berikut merupakan gambar model penampang chargeabilitas 2D pada lintasan 4 dengan menggunakan *software* Res2Dinv:



Gambar 4.4 Model Penampang Chargeabilitas 2D Lintasan 4

Berdasarkan Gambar 4.4 model penampang chargeabilitas 2D didapatkan nilai *error* sebesar 14,7%. Sepanjang garis horizontal pada Gambar 4.1 merupakan lintasan titik pengukuran yang terpasang elektroda dengan spasi 5 meter pada setiap titiknya. Letak sumur semburan berada pada jarak sekitar 125 meter dari elektroda pertama yang ditandai dengan titik 1.00. Hasil analisis data lapisan bawah permukaan tanah berdasarkan model penampang chargeabilitas 2D yang dihasilkan oleh *software* Res2Dinv seperti pada tabel 4.4:

Tabel 4.4 Hasil Analisis Lintasan 4 (sumber acuan: Laporan Geologi Lembar Ngawi, 1985 dan Telford, 1990)

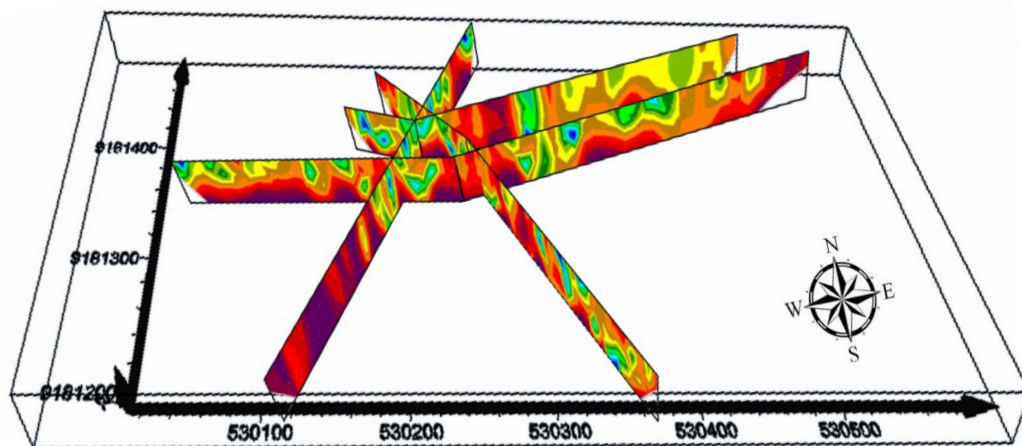
No.	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan dan Material
1.	 - 	0.00377 – 3.95	<i>Alluvium</i> (asosiasi lempung)
2.	 - 	6.27 – 96.7	Lempung (asosiasi lanau)
3.	 - 	100.8 - >126	Lempung (asosiasi batupasir)

Hasil analisis lintasan 4 dapat dilihat pada tabel 4.4. Pada Gambar 4.4 model penampang chargeabilitas 2D lintasan 4 gas biogenik diduga tersebar dan bermigrasi melalui area yang memiliki rentang nilai chargeabilitas mulai 100.8 – >126 ms yang digambarkan dengan skala warna merah tua hingga ungu tua yaitu lempung yang berasosiasi dengan batupasir. Selain batuan tersebut, pada lintasan 4 diduga juga terdapat *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung memiliki nilai *chargeability* sebesar 0.00377 – 3.95 ms dan lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki nilai *chargeability* sebesar 6.27 – 96.7 ms. Proses analisis data dilakukan berdasarkan pengamatan fisik dan dilihat dari peta geologi batuan penyusun daerah penelitian yang merupakan data penunjang untuk melakukan analisis data.

4.1.5 Rekonstruksi 3D (3 Dimensi)

Rekonstruksi 3D (3 Dimensi) dilakukan menggunakan *software* Blender. Rekonstruksi secara 3D ini menggunakan model penampang chargeabilitas 2D dengan sumbu vertikal menunjukkan kedalaman dan sumbu horizontal menunjukkan panjang lintasan. Rekonstruksi 3D bertujuan untuk melihat kesinambungan pada setiap model penampang chargeabilitas 2D struktur batuan penyusun bawah permukaan tanah di area penelitian. Model penampang 3D berupa hasil penggabungan dari penampang 2D line 1-line1', line 2-line 2', line

3-line 3', dan line 4-line 4' yang saling berpotongan yang kemudian direkonstruksi menjadi model penampang 3D.



Gambar 4.5 Rekonstruksi Penampang Chargeabilitas 3D

Gambar 4.5 merupakan model penampang chargeabilitas 2D yang direkonstruksi ke model penampang chargeabilitas 3D. Berdasarkan hasil rekonstruksi 3D dapat dilihat bahwa pemodelan tersebut memberikan gambaran litologi bawah permukaan tanah yang lebih nyata dan setiap penampang chargeabilitas 2D memiliki kesinambungan lapisan.

Area penelitian terletak pada luasan 9181450-9181 LS (UTM) hingga 530050-530300 BT (UTM). Pada rekonstruksi 3D tersebut terdapat 4 lintasan dengan panjang 240 meter untuk lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3 sementara lintasan 4 memiliki panjang 320 meter. Panjang antara lintasan 1 dan lintasan 4 berbeda namun letaknya sejajar, selain itu jaraknya pun cukup dekat sehingga ada kemungkinan memiliki struktur batuan bawah permukaan tanah yang hampir sama. Setiap lintasan yang telah disebutkan di atas melewati area semburan (sumur) dan saling berpotongan.

Menurut hasil dari pengolahan model penampang chargeabilitas 3D diketahui memiliki kedalaman 9,94 meter. Pada kedalaman tersebut ditemukan

batuan yang berperan sebagai tempat atau zona migrasi dan tempat tersebarnya gas biogenik yaitu batupasir. Hal tersebut dapat diketahui dari nilai chargeabilitas yang tinggi dengan rentang warna merah hingga warna ungu pada kedalaman yang relatif dangkal

4.2 Interpretasi Data

Kabupaten Ngawi merupakan daerah yang menyimpan potensi alam. Salah satu potensi tersebut terdapat di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren yang memiliki fenomena semburan gas biogenik. Keluarnya semburan gas biogenik ini berasal dari pengeboran sumur untuk irigasi sawah. Umumnya gas biogenik ditemukan pada batuan berpori yang ada pada lapisan kerak bumi. Salah satu lapisan batuan berpori ini adalah lapisan batupasir.

Menurut sumber informasi yaitu dari warga yang melakukan pengeboran pada tahun 2018, mereka memberikan pernyataan bahwa pada kedalaman 50 meter mulai terlihat munculnya air bersamaan dengan gas biogenik serta batuan yang didominasi batupasir vulkanik. Semburan air dan gas diduga gas yang terjebak atau terperangkap pada batuan berpori dan muncul ketika dilakukan pengeboran atau aktivitas yang menyebabkan gas tersebut dapat menyembur bersama air dan material lainnya.

Area penelitian berada pada formasi batuan geologi yang sama yaitu Formasi Lawu (Ql) sehingga hasil model penampang chargeabilitas 2D bawah permukaan tanah yang diolah dengan menggunakan *software* Res2Dinv memiliki struktur batuan yang hampir sama antara lintasan satu dengan lintasan yang lainnya. Menurut Qilun (1995) semburan gas biogenik ini mayoritas 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. Salah satu sifat gas adalah mengisi ruang-ruang kosong, hal ini dapat terjadi pada batuan berpori dan memiliki nilai chargeabilitas yang lebih tinggi dari batuan di sekitarnya.

Berdasarkan analisis data di atas, gas biogenik pada setiap lintasannya tersebar dan bermigrasi melalui batupasir yang terasosiasi dalam lempung ditandai warna merah tua hingga ungu tua dengan nilai chargeabilitas 100.8 ms - >219 ms pada kedalaman 9 meter. Hasil interpretasi dalam penelitian ini batupasir berperan sebagai tempat migrasi dan tempat tersebarnya suatu gas biogenik. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Saerina (2015) bahwasannya gas biogenik dangkal mengalami migrasi melalui batupasir. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Romlah (2019) bahwasannya pada area penelitian ini gas biogenik diduga tersebar dan bermigrasi melalui batu pasir. Selain itu, juga didukung oleh penelitian Shidiq (2020) dimana pada penelitian tersebut ditemukan potensi gas biogenik pada batuan lempung, sementara lapisan batupasir terletak di bawah batuan lempung yang mana batupasir tersebut merupakan tempat untuk bermigrasi suatu gas biogenik. Dilihat dari model bawah permukaan dan posisi sumur tidak tepat vertikal dengan posisi sumber, maka dapat diduga bahwa proses terjadinya semburan tidak secara langsung dari sumber akan tetapi terjadi proses migrasi fluida terlebih dahulu melalui lapisan pasir ke arah permukaan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Shidiq (2020) mengatakan bahwa batuan lempung ditemukan pada kedalaman 0 – 200 meter. Sedangkan menurut hasil pengolahan yang dilakukan, batuan lempung ditemukan

pada kedalaman 0 – 9.94 meter. Jika kedua hasil data tersebut dikorelasikan dengan lembar geologi daerah setempat yang juga menyatakan adanya lempung, maka dapat diasumsikan bahwa hasil pengolahan sudah sesuai.

Gas biogenik dapat bergerak bebas dan dapat mencapai permukaan ketika menemukan bidang lemah pada lapisan atasnya. Penyebab dari adanya bidang lemah tersebut yaitu karena patahan maupun rekahan yang terjadi secara alami atau karena kegiatan manusia. Pada fenomena semburan ini salah satu penyebabnya yaitu kegiatan pengeboran sumur di area persawahan sehingga gas yang mungkin terjebak di lapisan batupasir bisa keluar bersamaan dengan air maupun lumpur. Gas tersebut menekan lapisan yang ada di atasnya dimana terdapat air tanah sehingga terjadilah semburan air akibat tekanan gas tersebut.

Tekanan gas biogenik di bawah permukaan tanah yang berangsur melemah, dapat menyebabkan semburan air juga semakin melemah atau mengecil. Semburan air akan berhenti ketika tekanan gas biogenik di bawah permukaan sama dengan tekanan pada lapisan batuan yang ada di sekitarnya. Semburan gas juga bisa berhenti karena semua gas telah dikeluarkan ke permukaan. Namun pada fenomena ini, semburan terjadi dikarenakan oleh pengeboran sumur dan keluarnya gas yaitu pada kedalaman tertentu. Apabila proses pengeboran dilakukan lebih dalam lagi, ada kemungkinan bahwa potensi semburan masih bisa terjadi karena adanya gas yang masih terjebak pada lapisan lain.

Gas yang berada di bawah permukaan tanah menjadi penyebab terjadinya semburan air yang bercampur dengan material-material lain. Hal tersebut bisa terjadi karena gas tersebut merupakan gas yang hanya terjebak pada lapisan

batuan berpori dan bisa saja keluar atau muncul akibat adanya kegiatan pengeboran yang dilakukan oleh masyarakat sekitar atau pun aktivitas lainnya.

Dampak negatif dari adanya gas biogenik salah satunya yaitu dapat membahayakan lingkungan sekitar apabila keluar bersamaan dengan api. Namun selain memiliki dampak negatif, gas biogenik juga memiliki dampak positif untuk masyarakat sekitar. Menurut Rice dan Claypool (1981) gas biogenik tidak hanya digunakan sebagai bahan bakar seperti pada umumnya, namun gas ini juga memiliki keunggulan antara lain tingkat polusi udara yang rendah serta ramah lingkungan. Hal tersebut dikarenakan gas karbondioksida yang dihasilkan oleh proses pembakarannya lebih sedikit jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar hidrokarbon yang lainnya.

Berdasarkan hasil analisis data, litologi bawah permukaan tanah pada semua lintasan terdiri dari *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung memiliki rentang nilai *chargeability* 0.00377 ms – 13.25 ms, lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki rentang nilai *chargeability* 6.27 ms – 99.829 ms, dan lempung yang berasosiasi dengan batupasir memiliki rentang nilai *chargeability* 100.8 ms - >219 ms. Hasil interpretasi tersebut didukung oleh data geologi daerah penelitian pada sub-bab 2.5, tabel nilai chargeabilitas yang tertera pada Tabel 2.2 dan 2.3, serta referensi penelitian-penelitian sebelumnya.

Nilai *chargeability* 0.00377 ms – 13.25 ms merupakan *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung didasari oleh tabel chargeabilitas (Tabel 2.2), fakta lapangan, data geologi daerah penelitian pada sub-bab 2.5. Nilai *chargeability* 6.27 ms – 99.829 ms diduga lempung yang berasosiasi dengan lanau didasari oleh data geologi daerah penelitian pada sub-bab 2.5 dan didukung penelitian yang

dilakukan oleh Gautama dkk (2018) di daerah Nusa Tenggara Barat bahwasannya nilai chargeabilitas lempung <100 ms. Selain itu, juga didukung penelitian yang dilakukan oleh Masrurah dkk (2020) di Kota Aceh bahwasannya lempung memiliki nilai chargeabilitas 0.10 ms – 3 ms. Nilai *chargeability* 100.8 ms - >219 ms diduga lempung yang berasosiasi dengan batupasir didasari oleh tabel chargeabilitas (Tabel 2.2), data geologi daerah penelitian pada sub-bab 2.5, serta didukung penelitian yang dilakukan oleh Buna dkk (2015) di Kabupaten Donggala, bahwasannya batupasir memiliki nilai chargeabilitas 50 ms – 150 ms. Selain didukung oleh data-data diatas, proses interpretasi juga didukung oleh data singkapan yang tertera pada lampiran dan Gambar 1.2.

Hasil interpretasi di atas juga didukung penelitian yang dilakukan oleh Romlah (2019) menyatakan bahwa litologi batuan bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas batuan pada daerah penelitian adalah batupasir berasosiasi batulempung lanau, batulempung lanau berasosiasi dengan batulempug, dan batulempung berasosiasi dengan batulempung lanau.

4.3 Integrasi Al-Qur'an

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat Kementrian Agama RI, dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) menyusun sebuah buku tafsir ilmi dengan tujuan untuk memaparkan tentang air yang berada di dalam bumi menurut perspektif Al-Qur'an dan Sains. 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 menyembur tinggi ke atas.

وَفَجَّرْنَا الْأَرْضَ عُيُونًا فَالْتَقَى الْمَاءُ عَلَىٰ 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)

Semburan air dapat terjadi dikarenakan oleh tekanan gas yang berada di bawah batuan yang mengandung air. Gas tersebut dinamakan dengan gas biogenik yang berada pada batuan pasir. Batuan pasir memiliki pori-pori sehingga dapat terisi dengan air maupun gas. Adapun setiap batuan memiliki nilai porositas yang berbeda-beda (Farid dan Fetusianti, 2018), sehingga air ataupun gas dapat bergerak di antara butiran-butiran yang membentuk aliran air tanah, sementara gas akan bermigrasi ke lapisan atasnya. Dalam Al-Qur’an dijelaskan mengenai kerasnya batuan yang memiliki pori yakni pada surah Al-Baqarah ayat 74, sebagai berikut:

ثُمَّ قَسَتْ قُلُوبُكُمْ مِّنْ بَعْدِ ذَلِكَ فَهِيَ كَالْحِجَارَةِ أَوْ أَشَدُّ قَسَوَةً وَإِنَّ مِنَ الْحِجَارَةِ لَمَا يَتَفَجَّرُ مِنْهُ
الْأَنْهَارُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَشْقُقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْمَاءُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَهْبِطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ وَمَا اللَّهُ بِغَفِيلٍ
عَمَّا تَعْمَلُونَ

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 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: 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 batuan memiliki sifat yang keras ia tetap mampu mengalirkan sungai (air) karena setiap batuan memiliki nilai porositas yang berbeda-beda. Air yang dimaksud pada ayat tersebut memiliki

persamaan dengan gas biogenik yang mana bisa mengisi ruang-ruang kosong pada batuan yang berpori. Pada penggalan arti ayat “... dan di antaranya sungguh ada yang terbelah lalu keluarlah mata air dari padanya...” memiliki kesinambungan dengan fenomena semburan air yang terjadi di daerah penelitian. Penggalan arti ayat tersebut bisa menguatkan penggalan arti sebelumnya bahwa sekeras-kerasnya batuan pasti memiliki porositas dan mampu menyemburkan air ke permukaan bumi akibat dari tekanan berupa gas.

Petunjuk untuk memanfaatkan sumber daya alam telah tertera dalam ayat suci Al-Qur’an. Sebagaimana firman Allah dalam surah An-Naml ayat 25:

أَلَّا يَسْجُدُوا لِلَّهِ الَّذِي يُخْرِجُ الْخَبَاءَ فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَيَعْلَمُ مَا تُخْفُونَ وَمَا تُعْلِنُونَ

Artinya: “Mereka (juga) tidak menyembah Allah yang telah mengeluarkan apa yang terpendam di langit dan di bumi dan yang mengetahui apa yang kamu sembunyikan dan yang kamu nyatakan” (Q.S. An-Naml: 25)

Allah mengeluarkan apa yang terpendam di langit maupun di bumi. Maksud dari terpendam di bumi adalah seperti logam, sumber-sumber air, maupun benda lainnya yang terkandung di dalam perut bumi. Sebagai contoh lain yang terpendam di bumi misal minyak dan gas. Hal tersebut telah disediakan oleh Allah SWT di dalam bumi. Oleh karena itu, sebagai manusia yang memiliki akal hendaknya berusaha mendapatkan dan memanfaatkannya dengan baik dan benar.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan data hasil penelitian, gas biogenik pada setiap lintasan pengukuran tersebar dan bermigrasi pada batupasir yang terasosiasi dalam lempung ditandai dengan warna merah tua hingga ungu tua dengan nilai chargeabilitas 100.8 ms - >219 ms pada kedalaman 9 meter.
2. Litologi bawah permukaan tanah pada semua lintasan terdiri dari *alluvium* yang berasosiasi dengan lempung memiliki rentang nilai *chargeability* 0.00377 ms – 13.25 ms, lempung yang berasosiasi dengan lanau memiliki rentang nilai *chargeability* 6.27 ms – 99.829 ms, dan lempung yang berasosiasi dengan batupasir memiliki rentang nilai *chargeability* 100.8 ms - >219 ms.

5.2 Saran

Perlu dilakukan adanya penelitian lebih lanjut dengan mengubah konfigurasi terutama menambah nilai n pada saat proses akuisisi data di daerah penelitian. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kedalaman target sehingga dapat diperoleh litologi bawah permukaan tanah yang lebih dalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an dan Terjemahan. 2008. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro
- Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Aryaseta, Bagas, Dwa Desa Warnana, dan Amien Widodo. 2017. Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 6, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- Bemmelen, Van. 1949. *The Geology of Indonesia*. Den Haag: Government Printing Office.
- Buna, Hardyanti, Rustan Efendi, Sandra. 2015. Studi Zona Mineralisasi Logam Menggunakan Metode Induksi Polarisasi (IP) di Desa Bale Kecamatan Tanantovea Kabupaten Doggala. *Jurnal Gravitasi*. Vol. 12, No. 2.
- Colosimo, Fabrizio, Richard Lord, Rosario, Proto Andrea. 2016. *Biogenic Methane in Shale Gas and Coal Bed Methane*. Glasow: University of Strathclyde.
- Datun, Marno dan Sukandar, Rumidi. 1985. *Laporan Geologi Lembar Ngawi Jawa Timur Sekala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Datun, Marno, Sukandar Rumidi, B. Hermanto, dan N. Suwarna. 1996. *Geological Map of The Ngawi Quadrangle, Jawa Second Edition*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Farid, M. Arif Ismul Hadi dan Fetusianti. 2018. 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. 279-289.
- Gautama, Ignatius Forza Yoga, dzil Mulki Heditama, Yudi Aziz Muttaqin. 2018. Potensi Zona Urat Kuarsa Berdasarkan Analisis Geofisika dengan Metode Polarisasi Terinduksi di Daerah Olat Tanah Merah – Plampang, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Yogyakarta: Univeritas Gajah Mada.
- Hakim, Arif Rahman, Hairunnisa, dan Nurjumiyati. 2017. Studi Akumulasi Rembesan Air Lindi dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Mapping. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. Vol. 3, No. 2, Hal. 239-248.

- Harianto, Sugeng. 2018. Menyembur di Hari yang Sama Berapa Jarak Semburan Air dan Gas di Ngawi?. Detiknews. <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-4158209/menyembur-di-hari-sama-berapa-jarak-semburan-air-dan-gas-di-ngawi> [diakses pada tanggal 04 Agustus 2019].
- Jazmi, Khoirul Azmi, Hasan dan Nordyana. 2013. Al-Qur'an dan Geologi. Pp. 1-19. ISBN: 978-983-52-0914-7. Johor Bahru: University Teknologi Malaysia Press
- Kearey, Philip, Brooks Michael, and Hill Ian. 2002. *An Introduction Geophysical Exploration Third Edition*. Blackwell Science Ltd.
- Loke, M. H. 2004. *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software, Res2dinv 3.5 Software.
- Lubis, S. 2015. *Prospeksi Gas Methan Biogenic Perairan Dangkal: Sumber Gas Non-Konvensional*. Short Course on SM IAGI UNPAD: Jatinangor.
- Masrurah, Zakia, dkk. 2020. Analisis Sebaran Batuan Serpentin di Kota Cot Glie, Aceh Besar Berdasarkan Nilai Chargeabilitas Batuan. *Jurnal Hadron*. Vol. 2, No. 2.
- Medcom.id. 2014. <https://www.medcom.id/amp/3NOrP07K-sumur-dipersawahang-awid-semburkan-api> [diakses pada tanggal 04 Agustus 2019].
- Purwanto, Agus. 2015. *Ayat-Ayat Semesta: Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Bandung: PT Mizan Pustaka.
- 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.
- Rahmi, Hisni, Asrul, dan Akmam. 2015. Penyelidikan Mineral di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok dengan Metode Geolistrik Induced Polarization (IP). *Pillar of Physics*. Vol. 6, 25-32.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Geophysics in Hidrogeological and Willey and Sons Ltd.
- Rice, D.D. 1993. *The Future of Energy Gases*. Washington: USG Printing.
- Rice, D.D, Claypool, G.E. 1981. Generation, Accumulation, and Resource Potential of Biogenic Gas. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*. Liberty.
- Roficky. 2012. <https://rovicky.wordpress.com/page/13/?iframe=true&preview=true%2F> [diakses pada tanggal 23 Agustus 2019].

- 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.
- Saerina, Anisa Nevi. 2015. *Analisis Potensi Gas Biogenik dengan Metode Geolistrik Sebagai Alternatif Energi Baru Daerah Sidengok, Kecamatan Pejawaran, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Teknik Geologi Universitas Diponegoro*. PT Newmont Nusa Tenggara.
- Santoso, Budy dan Subagio. 2016. Pendugaan Mineral Kromit Menggunakan Metode Induced Polarization (IP) di Daerah Kabaena Utara, Bombana Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Vol. 17, No.3, Hal. 179-192.
- Setiawan, Tri Susanto. 2014. Dongeng Geology. <https://geologi.co.id/2014/11/16/semburanas-pada-sumur-air> [diakses pada tanggal 19 Februari 2020].
- Schoel, M. 1988. Multiple Origin of Methane in The Earth. *Chemical Geology*. Vol. 71.
- Septadi, Bimakurnia, Fakhriar Naufaldi, Fikrizan Andradit, Amin Widodo, dan Arief Ismanto. 2018. Pemetaan Zona Bijih Emas Epitermal Sulfidasi Rendah Menggunakan Metode Resistivitas 2D dan Polarisasi Terinduksi. *Jurnal Geosaintek*. 04/01.
- Setiarini, Arum, Suharto Linuwih, dan Khumaedi. 2018. *Identifikasi Mineral Mangan Menggunakan Metode Polarisasi Terinduksi di Desa Pucung Kecamatan Eromoko Kabupaten Wonogiri*. Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Semarang. Vol. 14, No. 2, Hal. 119-124.
- Sharma, P. V. 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shidiq, Ahmad Anwar. 2020. Identifikasi Litologi Bawah Permukaan Area Semburan Gas Biogenik Menggunakan Metode Gravity (*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.
- Sumner, J. S. 1976. *Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration*. Amsterdam: Elsevier.
- Telford, W. M, L. P Geldart dan R. E Sheriff. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Press.

- Vebrianto, Suhendra. 2016. *Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi Terinduksi, dan Potensial Diri*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).
- Wijaya, Andrias Sanggra. 2015. Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*. Vol. 19, No. 55, ISSN: 1410-2994.
- Wiranata, Doni, Adrianus Inu Natalisanto, Petrus AD Lazar, dan Fajar Alam. 2018. Interpretasi Pola Sebaran Indikasi Mudvolcano di Suryanata Samarinda dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Jurnal Geosains Kutai Basin*. Vol. 1, No. 2, ISSN: 2615-5176

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
DATA HASIL PENELITIAN

1. Lintasan 1

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	DATA RES2DINV				
	C1	P1	P2	C2			Datum Point	a	n	ρ_a (Ωm)	M (ms)
1	0	5	10	15	440	84	7.5	5	1	6	3
2	5	10	15	20	395	79	12.5	5	1	6	11
3	10	15	20	25	509	107	17.5	5	1	7	22
4	15	20	25	30	493	94	22.5	5	1	6	9
5	20	25	30	35	445	77	27.5	5	1	5	25
6	25	30	35	40	392	74	32.5	5	1	6	15
7	30	35	40	45	459	66	37.5	5	1	4	17
8	35	40	45	50	491	93	42.5	5	1	6	21
9	40	45	50	55	357	56	47.5	5	1	5	35
10	45	50	55	60	389	66	52.5	5	1	5	21
11	50	55	60	65	425	69	57.5	5	1	5	35
12	55	60	65	70	242	40	62.5	5	1	5	28
13	60	65	70	75	297	48	67.5	5	1	5	55
14	65	70	75	80	142	26	72.5	5	1	6	130
15	70	75	80	85	189	28	77.5	5	1	5	228
16	75	80	85	90	335	51	82.5	5	1	5	30
17	80	85	90	95	691	12	87.5	5	1	1	23
18	85	90	95	100	687	30	92.5	5	1	1	84
19	90	95	100	105	721	70	97.5	5	1	3	9
20	95	100	105	110	740	104	102.5	5	1	4	16
21	100	105	110	115	706	48	107.5	5	1	2	45
22	105	110	115	120	696	32	112.5	5	1	1	97
23	110	115	120	125	745	102	117.5	5	1	4	16
24	115	120	125	130	711	54	122.5	5	1	2	17
25	120	125	130	135	696	31	127.5	5	1	1	35
26	125	130	135	140	725	107	132.5	5	1	5	5
27	130	135	140	145	725	103	137.5	5	1	4	18
28	135	140	145	150	725	120	142.5	5	1	5	10
29	140	145	150	155	730	112	147.5	5	1	5	16
30	145	150	155	160	725	105	152.5	5	1	5	29
31	150	155	160	165	725	113	157.5	5	1	5	26
32	155	160	165	170	721	109	162.5	5	1	5	11
33	160	165	170	175	716	124	167.5	5	1	5	10
34	165	170	175	180	721	106	172.5	5	1	5	11

2. Lintasan 2

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	DATA RES2DINV				
	C1	P1	P2	C2			Datum Point	a	n	ρ_a (Ωm)	M (ms)
1	0	5	10	15	218	37	7.5	5	1	5	128
2	5	10	15	20	207	43	12.5	5	1	7	52
3	10	15	20	25	176	18	17.5	5	1	3	886
4	15	20	25	30	249	43	22.5	5	1	5	59
5	20	25	30	35	201	36	27.5	5	1	6	106
6	25	30	35	40	141	27	32.5	5	1	6	101
7	30	35	40	45	175	34	37.5	5	1	6	243
8	35	40	45	50	248	44	42.5	5	1	6	48
9	40	45	50	55	250	40	47.5	5	1	5	28
10	45	50	55	60	259	46	52.5	5	1	6	47
11	50	55	60	65	204	34	57.5	5	1	5	7
12	55	60	65	70	247	42	62.5	5	1	5	42
13	60	65	70	75	189	33	67.5	5	1	5	12
14	65	70	75	80	264	44	72.5	5	1	5	101
15	70	75	80	85	203	33	77.5	5	1	5	188
16	75	80	85	90	256	44	82.5	5	1	5	38
17	80	85	90	95	365	65	87.5	5	1	6	10
18	85	90	95	100	356	62	92.5	5	1	5	42
19	90	95	100	105	357	58	97.5	5	1	5	7
20	95	100	105	110	299	52	102.5	5	1	5	58
21	100	105	110	115	552	94	107.5	5	1	5	25
22	105	110	115	120	186	33	112.5	5	1	6	82
23	110	115	120	125	298	50	117.5	5	1	5	18
24	115	120	125	130	314	55	122.5	5	1	6	10
25	120	125	130	135	269	47	127.5	5	1	6	28
26	125	130	135	140	261	43	132.5	5	1	5	40
27	130	135	140	145	116	28	137.5	5	1	8	144
28	135	140	145	150	210	32	142.5	5	1	5	208
29	140	145	150	155	189	32	147.5	5	1	5	29
30	145	150	155	160	80	12	152.5	5	1	5	453
31	150	155	160	165	199	36	157.5	5	1	6	203
32	155	160	165	170	251	31	162.5	5	1	4	107
33	160	165	170	175	191	29	167.5	5	1	5	523
34	165	170	175	180	163	28	172.5	5	1	5	71
35	170	175	180	185	81	35	177.5	5	1	14	226
36	175	180	185	190	132	49	182.5	5	1	12	1308
37	180	185	190	195	187	70	187.5	5	1	12	234

3. Lintasan 3

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	DATA RES2DINV				
	C1	P1	P2	C2			Datum Point	a	n	ρ_a (Ωm)	M (ms)
1	0	5	10	15	449	106	7.5	5	1	7	3
2	15	20	25	30	486	64	22.5	5	1	4	9
3	30	35	40	45	492	83	37.5	5	1	5	41
4	45	50	55	60	560	91	52.5	5	1	5	21
5	60	65	70	75	436	75	67.5	5	1	5	36
6	75	80	85	90	463	88	82.5	5	1	6	42
7	90	95	100	105	313	53	97.5	5	1	5	81
8	105	110	115	120	283	59	112.5	5	1	7	20
9	120	125	130	135	272	53	127.5	5	1	6	49
10	135	140	145	150	179	40	142.5	5	1	7	120
11	150	155	160	165	214	41	157.5	5	1	6	30
12	165	170	175	180	248	55	172.5	5	1	7	60
13	180	185	190	195	183	37	187.5	5	1	6	76
14	195	200	205	210	273	62	202.5	5	1	7	10
15	210	215	220	225	231	53	217.5	5	1	7	54
16	0	10	20	30	201	48	15	5	1	7	29
17	15	25	35	45	154	40	30	5	1	8	13
18	30	40	50	60	193	49	45	5	1	8	87
19	45	55	65	75	196	53	60	5	1	8	10
20	60	70	80	90	216	59	75	5	1	9	35
21	75	85	95	105	223	66	90	5	1	9	33
22	90	100	110	120	261	70	105	5	1	8	26
23	105	115	125	135	185	43	120	5	1	7	68
24	120	130	140	150	178	59	135	5	1	10	12
25	135	145	155	165	257	56	150	5	1	7	31
26	150	160	170	180	265	85	165	5	1	10	6
27	165	175	185	195	192	53	180	5	1	9	17
28	180	190	200	210	226	65	195	5	1	9	42
29	195	205	215	225	339	146	210	5	1	14	20
30	0	15	30	45	180	65	22.5	5	1	11	38
31	15	30	45	60	187	71	37.5	5	1	12	30
32	30	45	60	75	208	92	52.5	5	1	14	8
33	45	60	75	90	249	100	67.5	5	1	13	12
34	60	75	90	105	270	94	82.5	5	1	11	11
35	75	90	105	120	238	98	97.5	5	1	13	33
36	90	105	120	135	269	95	112.5	5	1	11	90
37	105	120	135	150	152	57	127.5	5	1	12	16

4. Lintasan 4

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	DATA RES2DINV				
	C1	P1	P2	C2			Datum Point	a	n	ρ_a (Ωm)	M (ms)
1	0	5	10	15	367	70	7.5	5	1	6	4
2	5	10	15	20	420	79	12.5	5	1	6	28
3	10	15	20	25	431	80	17.5	5	1	6	32
4	15	20	25	30	438	82	22.5	5	1	6	37
5	20	25	30	35	529	95	27.5	5	1	6	20
6	25	30	35	40	535	99	32.5	5	1	6	15
7	30	35	40	45	367	62	37.5	5	1	5	23
8	35	40	45	50	424	75	42.5	5	1	6	21
9	40	45	50	55	553	91	47.5	5	1	5	49
10	45	50	55	60	289	49	52.5	5	1	5	4
11	50	55	60	65	344	57	57.5	5	1	5	40
12	55	60	65	70	606	100	62.5	5	1	5	52
13	60	65	70	75	407	73	67.5	5	1	6	29
14	65	70	75	80	171	32	72.5	5	1	6	57
15	70	75	80	85	326	53	77.5	5	1	5	45
16	75	80	85	90	680	128	82.5	5	1	6	22
17	80	85	90	95	179	31	87.5	5	1	5	53
18	85	90	95	100	323	52	92.5	5	1	5	10
19	90	95	100	105	618	115	97.5	5	1	6	53
20	95	100	105	110	573	92	102.5	5	1	5	5
21	100	105	110	115	675	124	107.5	5	1	6	17
22	105	110	115	120	578	102	112.5	5	1	6	31
23	110	115	120	125	181	28	117.5	5	1	5	49
24	115	120	125	130	238	48	122.5	5	1	6	79
25	120	125	130	135	200	33	127.5	5	1	5	15
26	125	130	135	140	272	55	132.5	5	1	6	28
27	130	135	140	145	250	53	137.5	5	1	7	23
28	135	140	145	150	290	68	142.5	5	1	7	68
29	140	145	150	155	249	53	147.5	5	1	7	92
30	145	150	155	160	184	35	152.5	5	1	6	20
31	150	155	160	165	174	27	157.5	5	1	5	219
32	155	160	165	170	453	88	162.5	5	1	6	6
33	160	165	170	175	576	91	167.5	5	1	5	13
34	165	170	175	180	580	97	172.5	5	1	5	25
35	170	175	180	185	601	98	177.5	5	1	5	7
36	175	180	185	190	610	93	182.5	5	1	5	14
37	180	185	190	195	592	100	187.5	5	1	5	17

LAMPIRAN 2
DATA KOORDINAT ELEKTRODA

1. Lintasan 1

No. Elektroda	Latitute	Longitude	Elevasi
1	7.405472222	111.2727222	97
2	7.4055	111.27275	93
3	7.4055	111.2728056	95
4	7.405527778	111.2728333	95
5	7.405555556	111.2728889	95
6	7.405583333	111.2729167	96
7	7.405611111	111.2729722	97
8	7.405638889	111.273	95
9	7.405638889	111.2730278	94
10	7.405666667	111.2730833	94
11	7.405638889	111.2731111	96
12	7.405638889	111.2731667	93
13	7.405638889	111.2732222	95
14	7.405666667	111.27325	94
15	7.405666667	111.27325	93
16	7.405666667	111.2733611	94
17	7.405666667	111.2733889	95
18	7.405666667	111.2734444	96
19	7.405666667	111.2735	97
20	7.405666667	111.2735278	96
21	7.405666667	111.2735833	98
22	7.405666667	111.2736111	98
23	7.405666667	111.2736667	97
24	7.405666667	111.2736667	97
25	7.405666667	111.2737778	95
26	7.405666667	111.2738056	95
27	7.405666667	111.2738611	96
28	7.405666667	111.2739167	95
29	7.405666667	111.2739444	95
30	7.405666667	111.274	95
31	7.405666667	111.2740278	95
32	7.405666667	111.2740833	96
33	7.405666667	111.2741111	95
34	7.405666667	111.2741667	96
35	7.405666667	111.2742222	94
36	7.405666667	111.2742778	95
37	7.405666667	111.2743333	95
38	7.405666667	111.2743611	96

39	7.405666667	111.2743889	97
40	7.405666667	111.2744167	97
41	7.405694444	111.2744722	100
42	7.405694444	111.2745278	97
43	7.405666667	111.2745833	95
44	7.405694444	111.2746111	95
45	7.405694444	111.2746944	95
46	7.405694444	111.2747222	96
47	7.405666667	111.2747778	98
48	7.405694444	111.2748056	95

2. Lintasan 2

No. Elektroda	Latitude	Longitude	Elevasi
1	7.404927	111.2735	104
2	7.404943	111.2735	101
3	7.404982	111.2735	101
4	7.405025	111.2735	101
5	7.405058	111.2734	102
6	7.405095	111.2734	100
7	7.405134	111.2734	100
8	7.405161	111.2734	101
9	7.405205	111.2733	102
10	7.405239	111.2733	101
11	7.405279	111.2733	101
12	7.405314	111.2733	102
13	7.405347	111.2732	101
14	7.405381	111.2732	102
15	7.405424	111.2732	102
16	7.405451	111.2731	101
17	7.405499	111.2731	104
18	7.405533	111.2731	102
19	7.405575	111.2731	104
20	7.405608	111.2731	104
21	7.405641	111.273	106
22	7.405685	111.273	106
23	7.405725	111.273	107
24	7.40576	111.2729	107
25	7.405798	111.2729	108
26	7.405836	111.2729	108
27	7.405868	111.2729	108
28	7.405896	111.2729	107
29	7.405932	111.2728	107
30	7.405967	111.2728	109

31	7.406002	111.2728	110
32	7.406041	111.2728	109
33	7.406088	111.2727	107
34	7.406131	111.2727	105
35	7.406173	111.2727	103
36	7.406214	111.2726	103
37	7.406243	111.2726	103
38	7.406275	111.2726	102
39	7.406319	111.2726	102
40	7.406364	111.2725	102
41	7.406397	111.2725	103
42	7.406433	111.2725	102
43	7.406461	111.2724	102
44	7.406475	111.2724	103
45	7.4065	111.2727	103
46	7.406548	111.2723	104
47	7.406577	111.2723	106
48	7.406013	111.2723	105

3. Lintasan 3

No. Elektroda	Latitude	Longitude	Elevasi
1	7.40558	111.2773	85.095
2	7.405615	111.2773	85.095
3	7.40567	111.2773	85.095
4	7.405707	111.2773	85.095
5	7.405759	111.2773	85.095
6	7.405796	111.2773	85.095
7	7.405837	111.2731	85.095
8	7.405881	111.2732	85.095
9	7.405912	111.2732	85.095
10	7.405966	111.2732	85.095
11	7.406007	111.2732	85.095
12	7.406033	111.2732	85.095
13	7.406078	111.2732	85.095
14	7.406115	111.2733	85.095
15	7.406157	111.2733	85.095
16	7.4062	111.2733	85.4
17	7.406235	111.2733	85.4
18	7.40629	111.2733	85.4
19	7.40632	111.2733	85.4
20	7.406353	111.2733	85.4
21	7.406416	111.2733	85.4
22	7.406457	111.2734	85.705

23	7.406504	111.2734	85.705
24	7.406547	111.2734	85.705
25	7.406597	111.2734	85.705
26	7.406643	111.2734	86.01
27	7.406688	111.2734	86.01
28	7.406748	111.2734	86.01
29	7.406795	111.2735	86.315
30	7.406837	111.2735	86.315
31	7.406885	111.2735	86.315
32	7.406915	111.2735	86.315
33	7.40694	111.2735	86.315
34	7.406985	111.2735	86.315
35	7.407031	111.2735	86.315
36	7.407058	111.2735	86.315
37	7.407107	111.2736	86.62
38	7.40717	111.2736	86.62
39	7.407192	111.2736	86.62
40	7.40725	111.2736	86.62
41	7.407279	111.2736	86.925
42	7.407318	111.2736	86.925
43	7.407376	111.2736	86.925
44	7.407408	111.2736	86.925
45	7.407452	111.2736	86.925
46	7.407512	111.2736	87.23
47	7.407536	111.2736	87.23
48	7.407583	111.2736	86.925

4. Lintasan 4

No. Elektroda	Latitude	Longitude	Elevasi
1	7.405326	111.2719	84.79
2	7.405375	111.272	85.095
3	7.405394	111.272	85.095
4	7.405416	111.272	85.095
5	7.405431	111.2721	85.095
6	7.405443	111.2721	85.095
7	7.405455	111.2722	85.095
8	7.405469	111.2722	85.095
9	7.40549	111.2722	85.095
10	7.405528	111.2723	85.095
11	7.405562	111.2723	85.095
12	7.405591	111.2724	85.095
13	7.405626	111.2724	85.095

14	7.405648	111.2724	85.095
15	7.405678	111.2725	85.095
16	7.405704	111.2725	85.095
17	7.405723	111.2725	85.095
18	7.405745	111.2726	85.095
19	7.40577	111.2726	85.095
20	7.40578	111.2726	85.095
21	7.405797	111.2727	85.095
22	7.405799	111.2727	85.095
23	7.405822	111.2728	85.095
24	7.405849	111.2728	85.4
25	7.405865	111.2729	85.4
26	7.405852	111.2729	85.4
27	7.405848	111.2729	85.4
28	7.405834	111.273	85.095
29	7.405831	111.273	85.095
30	7.405817	111.2731	85.095
31	7.405804	111.2731	84.79
32	7.405809	111.2732	84.79
33	7.405809	111.2732	84.79
34	7.405819	111.2732	84.79
35	7.405815	111.2733	84.79
36	7.405824	111.2733	84.485
37	7.405821	111.2734	84.485
38	7.405817	111.2734	84.18
39	7.405823	111.2735	84.18
40	7.40582	111.2735	83.875
41	7.405817	111.2736	83.875
42	7.405818	111.2736	83.875
43	7.405818	111.2737	83.57
44	7.405813	111.2737	83.57
45	7.405809	111.2737	83.265
46	7.405808	111.2738	83.265
47	7.405798	111.2738	82.96
48	7.405807	111.2739	82.96
49	7.405811	111.2739	82.96
50	7.405806	111.274	82.655
51	7.405799	111.274	82.655
52	7.405802	111.274	82.655
53	7.405805	111.2741	82.35
54	7.405796	111.2742	82.35
55	7.405796	111.2742	82.35
56	7.405801	111.2742	82.35

57	7.405796	111.2743	82.045
58	7.405796	111.2743	82.045
59	7.405801	111.2744	82.045
60	7.405788	111.2744	82.045
61	7.405798	111.2745	82.045
62	7.405804	111.2745	82.045
63	7.405795	111.2746	82.045
64	7.405799	111.2746	82.045

LAMPIRAN 3
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA







KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Feri Erdiana
NIM : 15640052
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Identifikasi Sebaran Gas Biogenik pada Lapisan Bawah Permukaan Tanah dengan Metode IP (*Induced Polarization*) (Studi Kasus: Semburan Gas di Desa Sidolaju Kecamatan Widodaren Kabupaten Ngawi)
Pebimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si.
Pebimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd.

No.	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	24 Mei 2019	Konsultasi Bab I	
2	15 Agustus 2019	Konsultasi Bab II dan III	
3	30 Agustus 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
4	03 November 2020	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	26 Februari 2021	Konsultasi Pembahasan Bab IV	
6	02 Maret 2021	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
7	09 April 2021	Konsultasi Bab IV, V dan ACC	
8	18 Juni 2021	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 18 Juni 2021
Mengetahui
Ketua Jurusan Fisika

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