IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE SELF POTENTIAL DI DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN TULUNGAGUNG

SKRIPSI

Oleh:
ANNA SYUROYA SULTHONY
NIM. 13640017

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE SELF POTENTIAL DI DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN TULUNGAGUNG

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:
ANNA SYUROYA SULTHONY
NIM. 13640017

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE SELF POTENTIAL DI DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN TULUNGAGUNG

SKRIPSI

Oleh:
Anna Syuroya Sulthony
NIM. 13640017

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal: 17 Juni 2020

Pembimbing I	Pembimbing II
Irjan, M.Si	Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19691231 200604 1 003	NIP. 19811119 200801 2 009

Mengetahui,
Ketua Jurusan

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE SELF POTENTIAL DI DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN TULUNGAGUNG

SKRIPSI

Oleh:
Anna Syuroya Sulthony
NIM. 13640017

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal: 30 Juni 2020

Penguji Utama	:	Rusli, M.Si NIDT. 19880715 20180201 1 245	
Ketua Penguji	:	Drs. Abdul Basid, M.Si NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji	:	Irjan, M.Si NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	:	Erna Hastuti, M.Si NIP. 19811119 200801 2 009	

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Anna Syuroya Sulthony
NIM	:	13640017
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Sains dan Teknologi
Judul Penelitian	:	Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Self Potential Di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung

Menyatakan bahwa dengan sebenar-benarnya hasil penelitian ini saya buat dengan tidak adanya unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh oranglain, kecuali yang telah tertulis dalam naskah berupa kutipan dan disebutkan dalam sumber kutipan pada daftar pustaka.

Apabila suatu hari pada hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan maka saya bersedia untuk bertanggung jawab serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 28 Juni 2020
Yang Membuat Pernyataan,



Anna Syuroya Sulthony
NIM. 13640017

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO

Selesaikan yang telah dimulai

Do The Best! Yoshaaa!!! Ganbareee!!!

Biarlah cape di dunia, di syurga nanti kita istirahat bareng ya? Tempat kita pulang, Aamiin... ☺

"Every cloud has a silver lining"

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terucap Syukurku kepada Alloh SWT yang telah mengirimkan malaikat-malaikatNya yang tak pernah kuduga dan meRidhoi perjuangan ini sebagai salah satu nikmat yang telah Dia berikan
Alhamdulillah 'ala kulli haal

Sholawat serta salam kepada Rosulullah SAW yang telah mendo'akan kami semua umatNya bahkan jauh sebelum kami berjumpa (bismillah semoga kelak Alloh SWT izinkan kami berjumpa dan berkumpul dalam naungan RidhoNya bersama Rosulullah SAW Aamiin) akan indahnya nikmat Islam

Terimakasih untuk Babeh Ach. Sultan Nawawi dan Mamah Muntakibah atas segala dukungan, kebaikan terutama do'a yang telah tercurah padaku :') untuk hidupku yang beruntung dan berkah arigatou naa~

Teruntuk papihku tercinta Irjan, M.Si terimakasih atas segala ilmu yang telah diberikan, dukungan dan motivasi yang sangat luar biasa. Semoga kebaikan dan ilmu yang telah papih berikan menjadi keberkahan dan kebaikan di dunia sampai di akhirat kelak

Terimakasih suamiku Firman P. Prasetyo dan putriku Azkia Az Zahra untuk semangat yang kalian berikan untukku. Kalian adalah hadiah terindah dariNya untukku :')

Mba ipar tercintaku Mba Demy Amelia Chadarwati, semoga segera punya dedek bayi, terimakasih untuk cerewetan yang sangat bermanfaat, segala support, doa dan pelukan, love you mba :')

Terimakasih untuk Senpai Mas Asy'ari, kawan seperjuangan Fitra, Rijal, Muchlis, Saubil, Rico, Mba Latifa, Izzuddin, Lala, Arin dan semua kawan-kawan Fisika yang telah menjadi malaikat-malaikat yang Alloh SWT kirimkan, semoga kebaikan kalian semua berbuah pahala

Terimakasih untuk Cindy Febriantika Rahayu & Nasiha N.D sudah menjadi sahabat perjuangan suka duka di Malang, kota yang tak pernah terlintas dalam benakku

Semoga kebaikan, perjuangan, ilmu, support dan semua yang dicita-citakan tercapai serta kalian semua diberikan keberkahan dan kebaikan dalam hidup kalian di dunia sampai Akhirat
Aamiin... Yaa Rabbal 'alamiin... :')

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam yang Maha Mengetahui seluruh prasangka dan rahasia di dalam hati makhluk-Nya, yang bergetar hati para mukminin ketika mendengar nama-Nya disebut. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan skripsi Tahun Akademik 2019/2020. Sholawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi dan Rasul-Nya yang telah menyampaikan risalah Islam di bumi ini.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tentu dengan adanya dukungan dan partisipasi banyak pihak yang selama ini mendampingi penulis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan, semangat, arahan, nasehat dan bantuan dari semua pihak yang mendampingi penulis. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Ayah, Ibu, Suami dan keluarga yang telah mendukung dan mendampingi proses penulis menyelesaikan skripsi.
2. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku ketua Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah meluangkan waktunya untuk selalu menyemangati setiap hari dan nasehat dalam proses penulisan skripsi.
5. Irjan, M.Si selaku Dosen Pembimbing skripsi yang sabar dan telah meluangkan banyak waktu dan ilmunya untuk menasehati dalam proses penulisan skripsi.
6. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing integrasi skripsi yang sabar dan telah meluangkan banyak waktu dan ilmunya untuk menasehati dalam proses penulisan skripsi terkhusus pada integrasi sains dan Islam.
7. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahin yang telah memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan skripsi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

8. Teman-teman Fisika, baik angkatan 2013, adik tingkat dan kakak tingkat 2012 sebagai kawan diskusi dan saling menyemangati agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, apabila masih ada kekurangan mohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga skripsi ini bermanfaat di dunia dan akhirat. Aamiin Yaa Rabbal'alamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 11 Mei 2020

Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
HALAMAN KEASLIAN TULISAN v
MOTTO vi
HALAMAN PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
ABSTRAK xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Malasah 9
1.3 Tujuan Penelitian 10
1.4 Manfaat Penelitian 10
1.5 Batasan Masalah 10
BAB II KAJIAN PUSTAKA 12
2.1 *Coal* (Batubara) 12
2.1.1 Tumbuhan Pembentuk Batubara 12
2.1.2 Jenis-Jenis Batubara 13
2.1.3 Lingkungan Pengendapan Batubara 14
2.1.4 Fasies Batubara 15
2.2 Struktur Geologi Wilayah Penelitian 17
2.3 Metode *Self Potential* (SP) 20
2.3.1 Potensial Elektrokinetik *(Streaming Potential)* 23
2.3.2 Potensial Difusi *(Liquid Junction)* 24
2.3.3 Potensial Lempung *(Nerst Potential)* 25
2.3.4 Potensial Mineralisasi 26
2.4 Mekanisme Potensial Diri (SP) pada Daerah Mineralisasi 27
2.5 Target *Self Potential* 30
2.6 Komponen Data *Self Potential* 31
2.7 Konfigurasi Pengambilan Data Metode *Self Potential* 32
2.8 Penafsiran Anomali *Self Potential* 35
BAB III METODE PENELITIAN 36
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 36
3.2 Data Penelitian 36
3.3 Peralatan Penelitian 37
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian 37
3.4.1 Tahap Pra Akuisisi Data 37
3.4.2 Tahap Akuisisi Data 38
3.4.3 Tahap Pengolahan Data *Self Potential* 41
3.5 Rancang Alur Penelitian 46

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 47
4.1 Akuisisi Data 48
4.1.1 Pengukuran Data Berdasarkan Fungsi Waktu *(Base)* 49
4.1.2 Pengukuran Data Berdasarkan Fungsi Posisi *(Rover)* 50
4.2 Pengolahan Data 51
4.3 Interpretasi Data 51
4.3.1 Interpretasi Kualitatif 54
4.3.2 Interpretasi Kuantitatif 56
4.4 Pemodelan Anomali *Self Potential* 57
4.4.1 Pemodelan Anomali *Self Potential* pada *Slice* A-A' 58
4.4.2 Pemodelan Anomali *Self Potential* pada *Slice* B-B' 59
4.5 Analisis Hasil Penelitian 61
4.6 Batubara dalam Perspektif Agama Islam 62
BAB V PENUTUP 70
5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran 71
DAFTAR PUSTAKA

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Geologi Lembar Tulungagung	19
Gambar 2.2	Mekanisme Polarisasi pada Mineral Menurut Teori Sato dan Mooney (1990)	30
Gambar 2.3	Ilustrasi Pengambilan Data Potensial dengan Menggunakan Konfigurasi *Fixed Base*	33
Gambar 2.4	Ilustrasi Pengambilan Data Potensial dengan Menggunakan Konfigurasi *Leap Frog*	34
Gambar 2.5	Model Penyebab Anomali dapat Didekati dengan Model Bola	35
Gambar 3.1	Desain Area Penelitian	36
Gambar 3.2	Ilustrasi Pengambilan Data Potensial dengan Menggunakan Konfigurasi *Leap Frog*	40
Gambar 3.3	Skema Perhitungan Koreksi Harian Menggunakan *Software Excel* 2013	42
Gambar 3.4	Skema Perhitungan Koreksi *Leap Frog* Menggunakan *Software Excel* 2013	43
Gambar 3.5	Skema Perhitungan Proses *Streaming Potential* Untuk Menentukan Koreksi Topografi	46
Gambar 3.6	Rancang Alur Penelitian	49
Gambar 4.1	Peta Kontur Isopotensial pada Area Penelitian	52
Gambar 4.2	Peta Kontur Topografi dan Titik Pengukuran Nilai *Self Potential*	54
Gambar 4.3	*Overlay* Kontur Isopotensial dengan Garis *Slice* A-A' dan *Slice* B-B' pada Area Penelitian	55
Gambar 4.4	Kontur Topografi dengan Garis *Slice* A-A' dan *Slice* B-B'	57
Gambar 4.5	Grafik *Slice* Topografi Model Bola pada *Slice* A-A' dan Profil Penampang Nilai Anomali *Self Potential*	58
Gambar 4.6	Grafik *Slice* Topografi Model Bola pada *Slice* B-B' dan Profil Penampang Nilai Anomali *Self Potential*	60

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sumber dan Tipe Anomali *Self Potential* 22
Tabel 3.1 Peralatan Penelitian untuk Pengambilan Data 40

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Pengukuran pada *Base*
Lampiran 2	Data Pengukuran pada *Rover*
Lampiran 3	Data Hasil *Slicing* dan Perhitungan Model Bola pada Lintasan A-A’
Lampiran 4	Data Hasil *Slicing* dan Perhitungan Model Bola pada Lintasan B-B’
Lampiran 5	Kurva Model Bola
Lampiran 6	Bukti Konsultasi Skripsi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Sulthony, Anna Syuroya. 2020. **Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Self Potential di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Irjan, M.Si. (2) Erna Hastuti, M.Si.

Kata Kunci: Metode Geolistrik *Self Potential* (SP), *Leap Frog*, Batubara, *Fixed Geometry*.

Batubara merupakan sumberdaya alam yang bernilai daya jual tinggi dan mulai banyak dicari untuk energi alternatif. Pada Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung telah dilakukan survei geofisika berupa survei geolistrik *self potential* (SP). Survei ini dilakukan untuk mengetahui sebaran nilai potensial diri dan membuat model anomali nilai potensial diri pada daerah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik *self potential* dengan konfigurasi *leap frog*, luas area penelitian ini adalah 150.000 m^2. Titik pengukuran data sebanyak 60 titik dengan jarak antar porous pot 30 m. Metode ini memiliki prinsip kerja berupa pengukuran nilai beda potensial diri diambil dari 2 porous pot yang ditanamkan kemudian dilakukan pembacaan melalui *digital milivoltmeter* dan diambil 3 data tiap pengukuran pada 1 titik yang selanjutnya dicatat pada *log sheet*. Data yang diperoleh dilakukan koreksi yang kemudian diolah menggunakan *software* Surfer 13 untuk dibuat peta kontur isopotensial dan dibuat pemodelan menggunakan teori *fixed geometry* model bola. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai kedalaman (h) pada lintasan A-A' berupa 26, 84m dengan sudut kemiringan 90̊ dan pada lintasan B-B' kedalaman (h) 36,36m dengan kemiringan 90̊. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan sebaran batubara yang memiliki nilai potensial diri rendah terakumulasi pada tengah area penelitian yang mengarah ke arah dari tenggara ke barat laut dengan besar nilai anomali self potensialnya berkisar -25,04 mV sampai -0,11 mV.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Sulthony, Anna Syuroya. 2020**. Identification of Coal Spreading Using Self Potential Method at Klatak Village, Sub-District Besuki, District Tulungagung.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Mentor: (1) Irjan M.Si. (2) Erna Hastuti, M.Si.

Keywords: Geo-electric Method of Self Potential Method (SP), Leap Frog, Coal, Fixed Geometry.

Coal is resources which high values and popular to use for alternative energy. In Klatak village, Sub-District Besuki District Tulungagung has been surveyed geophysics of geo-electric self potential method (SP). This survei has been done to get spread of self potential value at that area. This research using geo-electric self potential method with leap frog configuration. Width of the area research is 150.000 m^2. The point of data measurement as much 60 points with distance between porous pot is 30 m. This method has work principle the form of measurement value self potential with taken from 2 porous pot which planted then watched using digital milivoltmeter and taken 3 data every point, then written to log sheet. The data has been get then to corrected and processed using software Surfer 13 to make isopotential contour maps and then make ball model fr om fixed geometry theory. The result of this research got depth value (h) in *slice* A-A' is 26.84m with slope degree 90^o and in *slice* B-B' the depth (h) is 36,36m with slope degree 90^o. Based on this research, that showed coal distribution which have low self potential value have accumulated in middle of research area, and leads from southeast to northwest with anomali value self potential about -25,4 mV to -0,11 mV.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

مستخلص البحث

سلطاني، أنّا ثري. 2020. **تحديد توزيع الفحم باستخدام طريقة إمكانات الذات في منطقة كلاتاك باسوكي تولونجاكونج**. رسالة الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) إرجان، الماجستير. (2) إيرنا حستوتي، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: طريقة جيوكهربائية إمكانات الذات، قفزة الضفدع، الفحم، الهندسة الثابتة.

الفحم مورد طبيعي ذو قيمة قوة بيع عالية ويبدأ البحث عنه للحصول على الطاقة البديلة. في منطقة كلاتاك باسوكي تولونجاكونج تم إجراء مسح **جيوفيزيائي** في شكل مسح جيوكهربائية إمكانات الذات. تم إجراء هذا المسح لتحديد توزيع القيم الكامنة الذاتية وإنشاء نماذج شاذة للقيم **الكامنة** الذاتية في المنطقة. استخدم هذا البحث طريقة جيوكهربائية إمكانات الذات بتكوين قفزة الضفدع، وبلغت مساحة هذا البحث 150.000 متر مربع. كانت نقاط قياس البيانات 60 نقطة مع مسافة بين وعاء مسامي 30 مترا. هذه الطريقة تحتوي على مبدأ عمل في شكل قياس القيمة المختلفة للكامنة الذاتية المأخوذة من وعائين مزروعين يتم قراءتهما بعد ذلك من خلال جهاز قياسي ميلفي رقمي ***digital milivoltmeter*** وأخذ 3 بيانات لكل قياس في نقطة واحدة وتم تسجيلها على ورقة التسجيل ***log sheet***. تم تصحيح البيانات المحصولة **ومعالجتها** باستخدام برنامج *Surfer 13* لصنع خريطة محيطية متساوية الجهد وصنع النمذجة باستخدام نظرية الهندسة الثابتة للنماذج الكروية. دلت النتائج أن قيمة العمق على مسار أ–أ' في شكل 26.84 متر بزاوية المنحدر 90 درجة وعلى مسار ب–ب' قيمة العمق في شكل 36.36 متر بزاوية المنحدر 90 درجة. بناء على نتائج البحث أن توزيع الفحم الذي له قيمة ذاتية منخفضة متراكمة في وسط منطقة **البحث** تتجه من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي مع ذات قيمة شاذة إمكانات الذات تتراوح من –25.04 متر فولت إلى –0.11 متر فولت.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan dapat dimanfaatkan dalam banyak hal dalam kehidupan sehari-hari. Batubara juga merupakan sumber energi yang dapat ditemukan dengan mudah karena keberlimpahannya di Indonesia dan energi yang paling baik yang dapat kita gunakan setelah minyak bumi. Emas hitam yang sering kita dengar untuk sebutan batubara, merupakan sumber energi alternatif yang mulai banyak dicari.

Batubara merupakan sumberdaya alam yang dapat diperoleh dengan melakukan penggalian di bawah permukaan tanah. Hal ini dikarenakan batubara adalah batuan yang berasal dari jasad renik atau tumbuh-tumbuhan yang terkubur selama jutaan tahun dan telah melalui proses fisika dan kimia yang menjadikannya sebagai salah satu bahan bakar fosil. Batubara yang terkubur ini diduga berada di dalam lapisan bumi atau di bawah permukaan tanah. Dalam ajaran agama Islam termaktub di dalam kitab suci Al-Qur'an menjelaskan bahwa bumi dan langit diciptakan dengan memiliki beberapa lapisan.

Tentang struktur bumi, Allah tidak menerangkan secara jelas. Hal itu dikarenakan struktur bumi dapat diketahui manusia melalui berbagai penelitian. Beberapa ayat Al-Qur'an yang memberi isyarat dan petunjuk tentang ini dapat diperhatikan misalnya dalam Q.S. At-Thalaq: 12, yaitu mengenai bumi dan langit yang memiliki lapis tujuh.

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْماً ﴿١٢﴾

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Artinya: *"Allah lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasannya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu dan sesungguhnya Allah ilmuNya benar-benar meliputi segala sesuatu"* (Q.S. At-Thalaq: 12).

Dalam Tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa Allah SWT menceritakan tentang kekuasaanNya yang sempurna dan kemampuannyaNya yang luar bisaa, agar yang demikian itu menjadi motivasi untuk menjunjung tinggi agama yang telah disyari'atkan. Pada potongan ayat berikut:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ ... ﴿١٢﴾

Artinya: *"Allah-lah yang menciptakan tujuh langit ..."* (QS. At-Thalaq: 12).

Memiliki makna yang sama dengan firman Allah SWT yang disebutkan dalam QS. Nuh ayat 15. Allah SWT menceritakan tentang Nabi Nuh As, bahwa dia pernah berkata kepada kaumnya:

أَلَمْ تَرَوْا كَيْفَ خَلَقَ اللَّهُ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقاً ﴿١٥﴾

Artinya: *"Tidakkah kamu perhatikan bagaimana Allah telah menciptakan tujuh langit bertingkat-tingkat?"* (QS. Nuh: 15).

Kemudian Allah SWT berfirman pada ayat lain dalam Al-Qur'an yang menjelaskan juga bahwa langit dan bumi memiliki tujuh lapis. Firman Allah SWT tersebut terdapat dalam QS. Al-Israa' ayat 44 yang memperkuat QS. At-Thalaq ayat 12 tentang langit dan bumi yang memiliki tujuh lapis.

تُسَبِّحُ لَهُ السَّمَاوَاتُ السَّبْعُ وَالأَرْضُ وَمَن فِيهِنَّ ... ﴿٤٤﴾

Artinya: *"Langit yang tujuh dan bumi dan semua yang ada di dalamnya bertasbih kepada Allah..."* (QS. Al-Israa': 44).

Adapun firman Allah SWT dalam Al-Qur'an Surat At-Thalaq ayat 12 berikut: "...وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ" *"...dan bumi seperti itu pula."* Yakni juga berlapis tujuh, sebagaimana yang disebutkan dalam kitab Ash-Shahihain, dimana Rasulullah SAW bersabda:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

مَنْ ظَلَمَ قِيدَ شِبرٍ مِنَ الْأَرْضِ طُوِّقه مِنْ سَبْعِ أَرَضِي

Artinya: *"Barangsiapa merampas tanah sejengkal, maka akan ditimpakan kepadanya tujuh lapis bumi (oleh Allah)"*.

Terdapat hadits lain yang berkesinambungan dengan hadits di atas. Berikut bunyi hadist yang terdapat dalam Shahih Al-Bukhari :

خُسِف بِهِ إِلَى سَبْعِ أَرَضِين

Artinya: *"Maka akan ditenggelamkan kepadanya tujuh lapis bumi"* (HR. Al-Bukhari).

Beberapa jalan dan lafadznya telah disebutkan pada awal dan akhir penyebutan tentang penciptaan bumi. Segala puji dan sanjungan hanya bagi Allah SWT. Dan orang yang mengartikan hal tersebut dengan tujuh daerah, maka sesungguhnya dia telah jauh dari sasaran, larut dalam perselisihan, dan menyalahi Al-Qur'an dan Al-Hadits dan (berjalan) tanpa dasar pijakan (Ghoffar, 2005).

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُواْ مِنْهُ لَحْماً طَرِيّاً وَتَسْتَخْرِجُواْ مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاخِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُواْ مِن فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾ وَأَلْقَى فِي الأَرْضِ رَوَاسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَاراً وَسُبُلاً لَّعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ ﴿١٥﴾ وَعَلامَاتٍ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ ﴿١٦﴾ أَفَمَن يَخْلُقُ كَمَن لاَّ يَخْلُقُ أَفَلا تَذَكَّرُونَ ﴿١٧﴾ وَإِن تَعُدُّواْ نِعْمَةَ اللّهِ لاَ تُحْصُوهَا إِنَّ اللّهَ لَغَفُورٌ رَّحِيمٌ ﴿١٨﴾

Artinya: *"Dan Dia-lah, Allah yang menudukkan lautan (untukmu, agar kamu dapat memakan daripadanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karuniaNya, dan supaya kamu bersyukur(14) Dan Dia menancapkan gunung-gunung di bumi supaya bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk(15) dan (Dia ciptakan) tanda-tanda (petunjuk jalan). Dan dengan bintang-bintang itulah mereka mendapat petunjuk(16) Maka apakah (Allah) yang menciptakan itu sama dengan yang tidak dapat menciptakan (apa-apa)? Maka mengapa kamu tidak mengambil pelajaran(17) Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tak dapat menentukan jumlahnya. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang(18)"* (QS. An-Nahl: 14-18).

Allah SWT memberi kabar tentang pengendalianNya terhadap lautan yang menggebu-gebu dengan ombak, dan Allah memberi anugerah kepada hambaNya

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dengan menundukkan lautan itu untuk mereka, dan membuatnya mudah untuk mengarunginya, dan menjadikan di dalamnya ikan besar dan ikan kecil, dan menjadikan dagingnya halal; baik dari yang hidup atau dari yang mati, ketika halal (diluar kegiatan haji dan umrah) atau ketika ihram, dan Allah memberi anugerah kepada mereka dengan apa yang Allah ciptakan di dalam lautan itu, berupa mutiara dan permata yang sangat berharga. Dan Allah memudahkan bagi mereka untuk mengeluarkan mutiara dan permata itu dari tempatnya, sehingga menjadi perhiasan yang mereka pakai. Dan Allah memberi anugerah kepada mereka dengan menundukkan lautan untuk membawa perahu-perahu mengarunginya dan dikatakan pula, angin yang menggerakkannya; dua macam pengertian ini benar. Pendapat lain mengatakan, menggerakkannnya pada lambungnya yang melengkung, Allah-lah yang mengajari hamba-hambaNya tentang cara membuat perahu-perahu itu yang merupakan warisan dari bapak mereka Nabi Nuh As karena dialah orang pertama yang mengendarai perahu, dan dia memiliki pengetahuan tentang cara pembuatannya. Lalu orang-orang menggambil darinya ilmu tersebut, dari abad ke abad, dari generasi ke generasi, mereka berjalan dari negara ke negara , dan dari negeri ke negeri, dari benua ke benua, untuk mengambil apa yang ada di sana, untuk apa yang ada di sini. Dan apa yang ada di sini, untuk apa yang ada di sana. Maka dari itu Allah SWT berfirman: "وَلِتَبْتَغُواْ مِن فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ" *"Dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karuniaNya, dan supaya kamu bersyukur."* Maksudnya, nikmat-nikmatNya dan kebaikan-kebaikanNya. Kemudian Allah Ta'ala menyebutkan bumi dan apa yang ada di dalamnya berupa gunung-gunung yang tinggi dan kokoh agar bumi tenang dan tidak goncang dengan apa yang ada di atasnya berupa binatang-binatang. Jika bumi goncang, maka

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

binatang-binatang itu tidak nyaman hidupnya, oleh karena itu Allah berfirman: "وَالْجِبَالَ أَرْسَاهَا" *"Dan gunung-gunung dipancangkanNya dengan teguh"* (QS. An-Naaziaat: 32) (Ghoffar, 2003).

Firman Allah "وَأَنْهَاراً وَسُبُلاً" *"Dan (Dia menciptakan) sungai-sungai dan jala-jalan,"* maksudnya, Allah menjadikan di atas bumi sungai-sungai yang mengalir dari suatu tempat ke tempat yang lain, sebagai rizki untuk para hamba. Sungai-sungai itu bersumber di suatu tempat dan merupakan rizki bagi penduduk tempat lain, sungai-sungai itu membelah bumi, daratan, tempat-tempat sunyi, mengoyak gunung-gunung dan bukit-bukit, maka sampailah sungai-sungai itu ke negeri yang Allah tentukan untuk penduduknya itu. Sungai-sungai itu mengalir di atas bumi, ke kanan, ke kiri, ke selatan, ke utara, ke timur dan ke barat. Sungai-sungai itu ada yang kecil, ada yang besar. Allah menjadikan wadi-wadi yang terkadang mengalir airnya dan terkadang berhenti diantara mata air dan kolam-kolam. Terkadang mengalir deras dan terkadang mengalir lamban, tergantung kehendak Allah, kuasaNya, penundukanNya, dan kemudahanNya, maka tidak ada Ilah selain Dia dan tidak ada Rabb selainNya, dan begitu juga Allah menciptakan di atas bumi itu jalan-jalan yang menguhungkan antara suatu negeri dengan negeri yang lain, sehingga Allah memotong gunung untuk mengadakan di antara kedua negeri itu jalan tembus dan terowongan. Sebagaimana Allah Ta'ala berfirman: "... وَجَعَلْنَا فِيهَا فِجَاجاً سُبُلاً..." *"Dan telah Kami jadikan (pula) di bumi itu jalan-jalan yang luas,"* dan ayat seterusnya (QS. Al-Anbiyaa: 31) (Ghoffar, 2003).

Firman Allah SWT "وَعَلامَاتٍ" *"Dan (Dia ciptakan) tanda-tanda (petunjuk),"* maksudnya petunjuk-petunjuk, berupa gunung-gunung yang besar, bukit-bukit yang kecil dan sejenisnya, yang orang musafir dapat mengetahui adanya daratan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dan lautan jika mereka tersesat di jalan. Dan firman Allah pada potongan ayat berikut: "وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ" *"Dan dengan bintang-bintang itulah mereka mendapat petunjuk,"* maksudnya dalam kegelapan malam, seperti yang diucapkan Ibnu 'Abbas. Kemudian Allah Ta'ala mengingatkan atas kebesaranNya dan bahwasannya ibadah itu tidak layak kecuali kepadaNya, bukan untuk yang lainNya, berupa berhala-berhala yang tidak menciptakan sesuatu apa pun, bahkan berhala-hala itu diciptakan. Maka dari itu pada firman Allah pada ayat selanjutnya: " أَفَمَن يَخْلُقُ كَمَن لاَّ يَخْلُقُ أَفَلا تَذَكَّرُونَ" *"Maka apakah (Allah) yang menciptakan itu sama dengan yang tidak dapat menciptakan (apa-apa)? Maka mengapa kamu tidak mengambil pelajaran"*. Kemudian Allah Ta'ala mengingatkan hamba-hambaNya atas banyaknya nikmat dan kebaikan yang diberikan kepada mereka. Maka Allah berfirman pada Surat An-Nahl ayat 18 yang berbunyi: " وَإِن تَعُدُّواْ نِعْمَةَ اللّهِ لاَ تُحْصُوهَا إِنَّ اللّهَ لَغَفُورٌ رَّحِيمٌ" *"Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tak dapat menentukan jumlahnya. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang,"* maksudnya nikmat-nikmat itu melimpah bagimu semua nikmatNya, niscaya kamu semua tidak mampu melaksanakannya kalaupun Dia memerintahkan untuk itu, kalian pun lemah dan meninggalkan untuk melaksanakannya dan seandainya Dia menyiksamu niscaya Dia akan menyiksamu, dan Dia tidak berbuat dzalim terhadapmu, akan tetapi Dia itu Maha Pengampun lagi Maha Penyayang, mengampuni dosa yang banyak dan memberi pahala amal yang sedikit. Ibnu Jarir berkata: "Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun ketika kamu kurang mensyukuri sebagian nikmat-nikmatNya, akan tetapi jika kamu bertaubat, kembali mentaatiNya dan mengikuti keridhaanNya, niscaya Dia Maha

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Penyayang terhadapmu, tidak menyiksamu, setelah kamu kembali dan bertaubat." (Ghoffar, 2003).

Tafsir ayat di atas menerangkan bahwa penciptaan langit, bumi, beserta berbagai kelengkapan hidup manusia di permukaan bumi dalam rangka memenuhi kebutuhan manusia. Maka, sudah seharusnya semua itu diperhatikan, dipahami, dan direnungkan. Dengan itu, diharapkan akan menambah keimanan kepada Allah, dan menambah keluasan ilmu pengetahuan tentang ciptaanNya. Dapat pula, memanfaatkan semua dengan benar sesuai dengan yang dikehendakiNya (Harjono, 2010).

Tafsir ilmi tentang penciptaan bumi dalam perspektif Al-Qur'an dan sains menerangkan bahwasannya sebagaimana bentuk bumi yang bundar, informasi tentang struktur bumi, komponen apa saja yang terdapat dalam perut bumi, juga tidak dirinci dalam Al-Qur'an karena dapat diketahui oleh kelompok-kelompok manusia yang mempergunakan akalnya dengan mengadakan penelitian dan survei. Beberapa ahli geologi mengatakan bahwa kalau ditelaah, struktur bumi dapat dibayangkan seperti "bawang". Hanya saja, bumi bentuknya mendekati bundar. Bumi terdiri dari satu seri lapisan-lapisan bola *(concentric shell).* Secara berturut-turut dari bagian paling dalam, lapisan bumi terdiri dari: inti bumi bagian dalam *(inner core),* inti bumi bagian luar *(outer core),* mantel bumi bagian dalam *(inner mantel),* mantel bumi bagian luar *(upper mantel),* astenosfer, litosfer, dan kerak bumi. Setiap lapisan memiliki sifat-sifat fisis tertentu yang umumnya diperoleh dari pengamatan penjalaran gelombang-gelombang seismik yang dipancarkan ke segala arah saat gempa bumi terjadi (Harjono, 2010).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Menurut Sudarmojo fakta sains telah menjelaskan bahwa lapisan dalam planet bumi memang terdiri atas tujuh lapis. Setiap lapisan mempunyai karakteristik dan tugas masing-masing. Demikian pula dengan langit yang memiliki tujuh lapis. Setiap lapisan mempunyai karakteristik dan tugas masing-masing. Demikian pula dengan langit yang memiliki tujuh lapis atmosfer, tepat seperti yang diungkapkanNya dalam ayat yang memiliki arti, *"Allah lah yang menciptakan* ***tujuh*** *langit dan seperti itu pula bumi"* (Sudarmojo, 2008).

Salah satu cara untuk mendapatkan informasi lapisan bumi adalah dengan melakukan survei geofisika. Pada penelitian ini lapisan bumi yang ingin dicari informasinya adalah sebaran batubara di area penelitian. Batubara yang berada di bawah permukaan tanah dan dapat dicari melalui eksplorasi geofisika. Metode geolistrik merupakan salah satu metode eksplorasi dalam geofisika. Metode ini digunakan untuk mengeksplorasi bawah permukaan tanah, penelitian ini mengunakan metode geolistrik *self potential*. Menurut (Sehah, 2011) "Metode *self potential* (SP) adalah suatu metode survei geofisika yang digunakan untuk mengeksplorasi sumber daya alam bawah permukaan. Metode ini berdasarkan pada pengukuran potensial diri massa endapan batuan dalam kerak bumi tanpa harus menginjeksi arus listrik kedalam tanah, seperti metode geolistrik lainnya".

Prinsip kerja metode potensial diri adalah dengan mengukur tegangan statis alam dengan menggunakan dua elektroda yang ditancapkan pada permukaan bumi selanjutnya dihubungkan dengan multimeter dengan spesifikasi memiliki impedansi masukan yang besar. Metode *self potential* mempunyai kelebihan dalam memberikan informasi yang lebih komprehensif dan terintegrasi untuk lebih memastikan bahwa daerah penelitian memiliki potensial mineral (Febriani, 2017).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Metode *self potential* ini didesain dengan menggunakan elektroda porous pot (pot berpori) sangat tepat untuk mengetahui persebaran mineral seperti batubara. Pengukuran dari metode *self potential* menghasilkan beda potensial diri pada setiap jarak elektroda porous pot berupa variasi nilai potensial diri pada daerah penelitian. Pada Penelitian ini menggunakan interpretasi kualitatif yaitu untuk mengetahui sebaran nilai potensial yang berada pada lokasi penelitian dan interpretasi kuantitatif menggunakan pendekatan pemodelan bola pada lokasi pendugaan tubuh mineral berada. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pola sebaran nilai potensial diri batubara di bawah permukaan tanah Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung berdasarkan pada sebaran nilai isopotensialnya dan model anomali *self potential* Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur. Sedangkan manfaat penelitian ini untuk menambah informasi geologi yang dibutuhkan di daerah penelitan untuk memprediksi struktur bawah permukaan yang berasosiasi sumber mineral batubara.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola sebaran nilai potensial diri batubara di bawah permukaan tanah Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Jawa Timur berdasarkan survei *self potential*?
2. Bagaimana model anomali *self potential* pada titik pengukuran yang memiliki nilai beda potensial paling rendah di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur?

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pola sebaran nilai potensial diri batubara di bawah permukaan tanah Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Jawa Timur berdasarkan survei *self potential*.
2. Mengetahui model anomali *self potential* pada titik pengukuran yang memiliki nilai beda potensial paling rendah di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Akademik : Dapat menggembangkan aplikasi ilmu fisika khususnya dalam kajian geofisika berdasarkan metode geolistrik *self potential*.
2. Bagi Pemerintah Daerah : Sebagai informasi sumber daya alam yang dapat dikelola dengan baik di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung.
3. Bagi Masyarakat : Sebagai informasi sumber daya alam yang dapat dikembangkan untuk masyarakat setempat.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalaha sebagai berikut:

1. Interpretasi nilai potensial diri sebaran batubara menggunakan metode geolistrik *self potential* dengan konfigurasi *leap frog*.
2. Luas daerah penelitian 500 meter x 300 meter.
3. Hal-hal yang mempengaruhi akuisisi data seperti cuaca dll diminimalisir.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. Pemodelan modelan anomali *self potential* dilakukan dengan menggunakan metode *fixed geometry* berupa model bola.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Coal* (Batubara)

Batubara merupakan sedimen organik yang terdiri dari kandungan bermacam-macam pseudomineral. Batubara terbentuk oleh sisa tumbuhan yang membusuk dan terkumpul di suatu tempat dengan kondisi berair banyak dan bisaa disebut rawa. Kondisi tersebut menghambat penguraian menyeluruh dari sisa-sisa tumbuhan, kemudian mengalami proses perubahan menjadi batubara (Sutarno, 2013).

Menurut Wolf, 1984 dalam Komang, 2002 "Batubara merupakan batuan sedimen atau padatan yang dapat terbakar dan terbentuk dari sisa tumbuhan yang terhumifikasi, karakter warnanya cenderung coklat hingga berwarna hitam yang selanjutnya terkena proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun sehingga mengakibatkan pengkayaan kandungan karbon di dalamnya".

2.1.1 Tumbuhan Pembentuk Batubara

Pembentuk batubara hampir sebagian besar berasal dari tumbuhan. Tumbuhan-tumbuhan pembentuk batubara dan umumnya menurut Diessel (1986) adalah sebagai berikut (Sutarno, 2013):

1. Alga

   Alga yang berasal dari zaman Pre-kambrium hingga Ordovisium dan bersel tunggal. Sangat sedikit endapan batubara dari periode ini.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Silofita

   Berasal dari zaman Silur hingga Devon Tengah, Silofita merupakan turunan dari alga. Sedikit endapan batubara dari periode ini.

3. Pteridofita

   Berasal dari umur Devon Atas hingga Karbon Atas. Materi utama pembentuk batubara berumur karbon di Eropa dan Amerika Utara merupakan tumbuhan tanpa bunga dan biji, berkembang biak dengan spora dan tumbuh di iklim hangat.

4. Gimnospermae

   Berasal dari kurun waktu mulai dari Zaman Permian hingga Kapur Tengah. Merupakan tumbuhan heteroseksual, berbiji terbungkus dalam buah, seperti pinus dan mengandung kadar getah (resin) tinggi. Jenis seperti ini, ganggamopteris dan glossopteris adalah penyusun utama batubara. Permian seperti ini berada di Australia, India dan Afrika.

5. Angiospermae

   Berasal dari Zaman Kapur Atas hingga saat ini. Merupakan jenis tumbuhan modern, memiliki buah yang menutupi biji, terdapat kelamin jantan dan betina dalam satu bunga, memiliki sedikit getah dibandingkan dengan gimnospermae sehingga secara umum kurang dapat terawetkan.

2.1.2 Jenis-Jenis Batubara

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu batubara umumnya dibagi menjadi lima kelas, yaitu antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut. Berikut pembagian kelas dalam batubara berdasarkan kontrol tekanan, panas dan waktu (Sutarno, 2013):

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Antrasit

   Kelas batubara tertinggi dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, mengandung antara 86-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.

2. Bituminus

   Kelas batubara ini memiliki kandungan 68-86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya, kelas ini batubara adalah yang paling banyak ditambang di Australia.

3. Sub-bituminus

   Pada kelas batubara ini mengandung sedikit karbon dan banyak air dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.

4. Lignit

   Merupakan batubara coklat yang sangat lunak dan mengandung air 35-75% dari beratnya.

5. Gambut

   Kelas batubara ini memiliki pori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori paling rendah.

2.1.3 Lingkungan Pengendapan Batubara

Bakteri sulfur mempunyai peran yang khusus dalam gambut dan lumpur organik, yaitu mengurangi sulfat menjadi sulfur sehingga memungkinkan terbentuknya pirit atau markasit (Sutarno, 2013).

Lingkungan pengendapan batubara adalah kondisi yang membentuk terjadinya batubara, hal ini berkaitan dengan kondisi lingkungan dan geologi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sekitarnya, seperti distribusi lateral, ketebalan, komposisi dan kualitas batubara. Pada lingkungan pengendapan telmatis (*terrestrial*) akan menghasilkan gambut yang tidak terganggu dan tumbuh secara *insitu*. Batubara yang terendapkan pada lingkungan telmatis dan limnik (*subaquatik*) sulit untuk dibedakan karena pada rawa hutan (*forest swamp*) bisaanya ada bagian yang berada di bawah air. Batubara yang terendapkan pada lingkungan payau atau *marine* dicirikan oleh tingginya kandungan abu, sulfur, nitrogen dan mengandung fosil laut (Sutarno, 2013).

2.1.4 Fasies Batubara

Fasies batubara dapat diekspresikan melalui komposisi maseral dan kandungan mineral, komposisi kimia (kandungan S, N dan rasio H/C *vitrinite*) serta sifat tekstur. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik fasies batubara antara lain (Taylor G.H dkk, 1998):

1. Tipe Pengendapan

   Tipe pengendapan dibedakan atas *autochtonous* dan *allochtonous*. Batubara *autochtonous* berkembang dari tumbuhan yang ketika tumbang akan membentuk gambut di tempat dimana tumbuhan itu pernah hidup tanpa adanya proses transportasi yang berarti. Batubara *allochtonous* akan lebih banyak mengandung mineral oleh karena penambahan material-material lain selama transportasi.

2. Rumpun Tumbuhan Pembentuk

   Berdasarkan rumpun tumbuhan pembentuk dikenal empat macam tipe rawa, yaitu:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

a. Daerah air terbuka dengan tumbuhan air
b. Rawa ilalang terbuka
c. Rawa hutan
d. Rawa lumut

Urutan tipe rawa di atas terutama terdapat pada gambut di lingkungan *lacustrine* (danau) terutama pada daerah iklim sedang-lembab. Menurut Martini dan Glooschenko (1984) dalam C.F.K Diesel (1992), rawa gambut dapat dibedakan menjadi 4 (empat) jenis berdasarkan jenis tumbuhan pembentuknya, yaitu (Taylor G.H dkk, 1998):

1. Bog

   Merupakan lokasi rawa yang banyak ditumbuhi oleh tanaman lumut atau tanaman merambat yang miskin kandungan makanan.

2. Fen

   Merupakan lokasi rawa yang kaya akan tumbuhan perdu dan beberapa jenis pohon lainnya. Umumnya terletak pada lingkungan ombrogenik, yaitu transisi antara daerah yang melimpah akan kandungan air dengan daerah yang terkadang kering.

3. Marsh

   Yaitu lokasi rawa yang didominasi oleh tumbuhan perdu atau tanaman merambat yang sering terdapat di sekitar pinggir danau atau laut.

4. Swamp

   Yaitu daerah basah pada iklim tropis sehingga dingin yang didominasi oleh tumbuhan berkayu.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2 Struktur Geologi Wilayah Penelitian

Struktur geologi wilayah penelitian mengacu pada pemetaan geologi bersistem Lembar Tulungagung. Pemetaan geologi bersistem Lembar Tulungagung (1057-5), Jawa, dengan menggunakan skala 1:100.000 pernah dilakukan, dalam rangka pelaksanaan PELITA II, Tahun Anggaran 1975/1976. Penelitian ulang yang dilakukan oleh Proyek Pemetaan Geologi dan Geofisika, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi berlangsung dari Mei hingga Juni 1988, dalam rangka pelaksanaan PELITA IV, Tahun Anggaran 1988/1989 (Suharsono dkk, 1992).

Lembar Tulungagung dibatasi oleh koordinat 111°30'-112°00' BT dan 8°00'-8°30' LS. Seluas lebih kurang 1.900 km^2 (Gambar 2.1). Di utara Lembar ini dibatasi oleh Lembar Madiun, di timur oleh Lembar Blitar, di selatan oleh Samudera Hindia dan sebelah baratnya oleh Lembar Pacitan. Secara kepamongprajaan Lembar Tulungagung termasuk dalam wilayah Kabupaten Tulungagung dan Kabupaten Trenggalek, Propinsi Jawa Timur (Suharsono dkk, 1992).

Berdasarkan tatanan fisiografi van Bemmelen (1949), daerah Tulungagung termasuk dalam Lajur Pegunungan Selatan Jawa Timur, yang bagian utaranya berbatasan dengan Lajur Depresi yang ditempati oleh Gunung Wilis (Nahrowi dkk, 1978).

Secara struktur, Lembar Tulungagung ditempati oleh sesar-sesar miring yang berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya. Gerakan mendatar dari sesar-sesar tersebut lebih banyak dibandingkan dengan gerakan turunnya, sehingga ditafsirkan sebagai sesar geser-jurus. Sesar yang berarah timurlaut-baratdaya adalah sesar geser-jurus mengiri (sinistral), seperti misalnya Sesar Puger dan Sesar Kambengan. Sedangkan yang arahnya baratlaut-tenggara mempunyai gerakan

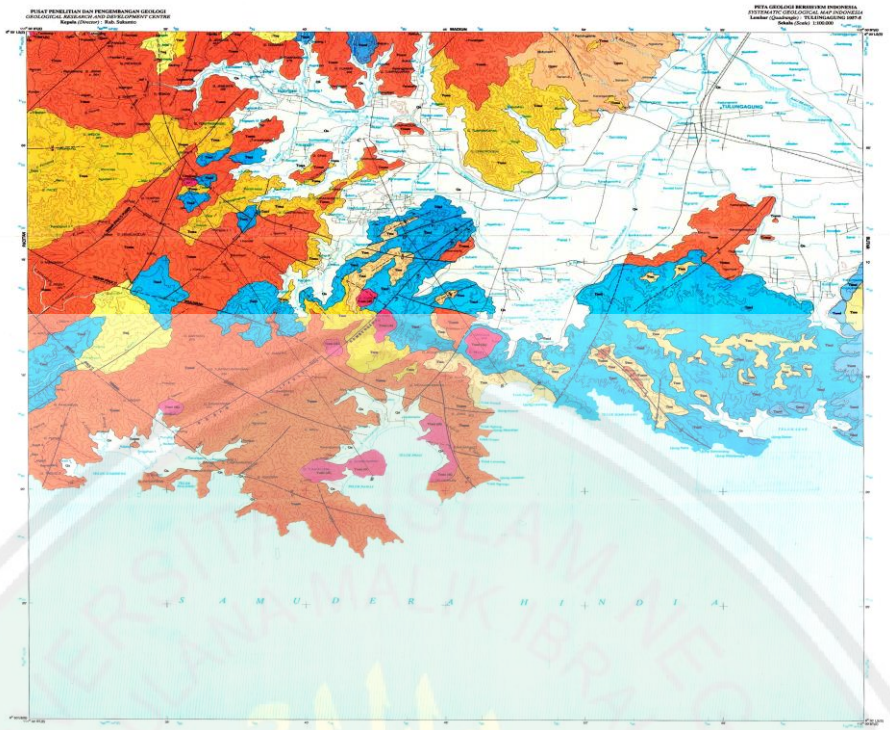
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

mendatar menganan (dekstral); diantaranya Sesar Ngajaran. Beberapa Sesar yang diduga cerminan dari kelurusan yang arahnya barat-timur atau hampir utara-selatan adalah sesar turun. Beberapa sesar di daerah ini menerus ke Lembar Pacitan dan Lembar Madiun (Suharsono dkk, 1992).

Daerah penelitian ini berdasarkan informasi dari lembar Tulungagung berada pada formasi batuan formasi Mandalika. Formasi ini terdiri dari breksi gunungapi, lava, dan tuf serta bersisipan dengan batupasir dan batulanau. Breksi gunungapi berwarna kelabu kecoklatan hingga kelabu kehijauan kompak, pejal dan terdiri dari komponen andesit, dasit, diorit, dan basal yang berukuran 3–30 cm, menyudut-membundar tanggung, kemas tertutup, terpilah sangat buruk dan bermasadasar batupasir tufan kasar. Sebagian besar batuannya terubah dan terkersikkan, sehingga berwarna kehijauan. Tebalnya beragam, dari 5 sampai lebih dari 10 m. Setempat batuan ini banyak mengandung urat kuarsa yang arahnya tak teratur (Suharsono dkk, 1992).

Lava berwarna kehitaman, kelabu kehitaman atau hitam kehijauan, kompak, bersusunan andesit-basal, bertekstur halus, porfiritik, tersusun oleh plagioklas dan piroksin, bermasadasar mikrolit plagioklas. Umumnya terpropilitkan dan terkersikkan. Di beberapa tempat lava ini terkekar meniang dan melembar, yang beberapa bidang kekarnya terisi oleh pirit. Tebalnya berkisar antara 50 dan 100 cm, setempat bahkan lebih dari 3 m; membentuk perulangan dengan bereksi gunungapi. (Suharsono dkk, 1992).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Tulungagung (Suharsono dkk, 1992)

Tuf berwarna coklat kekuningan, berukuran halus-sedang, sebagian terkersikkan. Tebalnya berkisar antara 1 dan 2 m. Bersama-sama dengan breksi gunungapi dan lava, umumnya menempati bagian tengah dan atas satuan. Sedangkan pada batupasir dan batulanau yang bersifat tufan merupakan sisipan di bagian bawah satuan. Tebalnya berkisar antara 20–50 cm, dan sebagian besar juga mengalami perubahan sehingga berwarna kehijauan, kedua batuan ini saling berselang-seling. Satuan ini diterobosan oleh diorite, dasit, dan retas-retas andesit, seperti yang dijumpai di sekitar Munjungan (Suharsono dkk, 1992).

Fosil tidak ditemukan dalam satuan ini, tetapi berdasarkan kesebandingannya dengan satuan sejenis di Lembar Pacitan (Samodra & Gafoer, 1990) satuan ini berumur Oligo-Miosen. Batupasir tufan dan batulempung yang menyelangi bagian bawah satuan memberikan pendugaan kalau satuan ini ke arah bawah berangsur berubah menjadi Formasi Arjosari. Di Lembar ini satuan batuan gunungapi Oligo-

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Miosen ini ditindih oleh Formasi Campurdarat, atau bersentuhan langsung dengan Formasi Jaten dan Formasi Wuni secara takselaras. Lavanya yang setempat berstruktur bantal menunjukkan bahwa lingkungannya laut (Suharsono dkk, 1992).

Sebaran satuan ini cukup luas, terutama di bagian barat dan utara Lembar. Ke barat menerus hingga Lembar Pacitan dan ke utara hingga Lembar Madiun. Satuan ini membentuk morfologi perbukitan yang berjulang lebih dari 500 m di atas mukalaut, seperti misalnya di daerah Munjungan. Beberapa tebing melingkar di sebelah barat Kampak dan di Teluk Sambreng diduga merupakan bekas kawah letusan. Tebal seluruh satuan diduga lebih dari 500 m. Nama Formasi Mandalika pertama kali diusulkan oleh Samodra & Gafoer (1990), yaitu untuk memberi nama runtunan batuan gunungapi Oligo-Miosen di Lembar Pacitan. Singkapan yang baik terdapat di Mandalika, di bagian hulu S. Grendulu, Pacitan Jawa Timur (Suharsono dkk, 1992).

2.3 Metode *Self Potential* (SP)

Metode *self potential* atau potensial diri merupakan salah satu dari survei geofisika metode geolistrik. Pada metode geolistrik terbagi menjadi tiga metode survei, yaitu geolistrik *resistivity*, geolistrik *induction potential*, dan geolistrik *self potential*. Geolistrik *self potential* atau potensial diri merupakan metode survei geolistrik yang menggunakan potensial alami dari daerah penelitian yang dituju, oleh karenanya metode ini termasuk dalam metode survei pasif karena tidak membutuhkan arus listrik yang dialirkan ke dalam bumi.

Metode *self potential* merupakan metode geofisika pasif yang sangat sederhana dan murah dimana perbedaan dari potensial alamiah bumi terukur diantara dua elektroda yang tertancap pada permukaan bumi (Legaz dkk, 2009;

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Mauri dkk, 2012). Potensial yang diukur dapat bernilai antara kurang dari satu milivolt (mV) sampai lebih besar dari satu volt, dan nilai yang bertanda positif (+) atau negatif (-) dari potensial yang terukur merupakan faktor penting dalam interpretasi dari anomali *self potential*. Umumnya metode ini baik untuk eksplorasi dangkal yaitu sekitar 60 m-100 m. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang diperoleh kurang akurat (Reynolds, 1997) dalam (Nuha, 2018).

Metode ini ditemukan oleh Robert Fox pada tahun 1830. Metode SP *(Self-Potential)* merupakan metode yang cenderung lebih terjangkau dan sederhana. Metode ini memiliki data yang akurat untuk mengeksplorasi lapisan dengan kedalaman kurang dari 100 meter. Jika lapisan yang diteliti kedalamannya lebih dari 100 meter, maka data yang diperoleh sudah tidak akurat. Metode ini secara tradisional pada industri minyak digunakan untuk mengeksplorasi mineral, untuk sekarang mulai dikembangkan untuk mengeksplorasi hidrogeologi dan aplikasi rekayasa air (Andrini, 2014).

Metode potensial diri (SP) merupakan salah satu metode geofisika yang prinsip kerjanya adalah mengukur tegangan statis alam *(static natural voltage)* yang berada di kelompok titik-titik di permukaan tanah (Sharma, 1997).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 2.1 Sumber dan Tipe Anomali *Self Potential* (Reynolds, 1997)

Sumber	Tipe Anomali SP
MINERAL POTENTIAL	Negatif ≈ ratusan mV
Sulphide *Graphite* *Magnetise* *Coal*	
Manganese *Quartz* *veins* *Pegmatites*	Positif ≈ puluhan mV
Background Potential	Positif/negatif ≤ 100 mV
Fluid Streaming *Geochemical Reaction*	
Bioelectric (plants, trees)	Negatif ≤ 300 mV
Groundwater	Positif/negatif ≈ puluhan – ratusan mV

Eksplorasi panas bumi tidak terlepas dari konsep dasar pola aliran air tanah dengan mempelajari pola aliran fluida. Pola aliran fluida ini dapat digunakan sebagai landasan dalam rangka melihat sifat kelistrikan aliran panas bumi dalam hal ini metode potensial diri *(self potential)* (Maulana, 2003).

Terdapat beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya potensial mineralisasi, seperti (Tambunan, 1997):

1. Medium atau lapisan tanah dengan konsentrasi ion berbeda, seperti pada lapisan pasir dan lempung atau antara medium air tawar dan air asin.
2. Perlapisan tanah dengan aliran zat cair berupa air tanah, dimana pada air tanah terdapat banyak ion yang alirannya menghasilkan potensial pada permukaan tanah kemudian sering dikenal dengan *streaming potential* atau *electrokinetic potential*.
3. Medium yang di dalamnya terdapat senyawa sulfida (mineral) dengan proses elektrokimia didalamnya yang menghasilkan potensial dan dikenal dengan potensial mineralisasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3.1 Potensial Elektrokinetik *(Streaming Potential)*

Salah satu sumber potensial yang terbentuk secara alami adalah potensial elektrokinetik *(electrokinetic potential)* atau *streaming potential*. Potential ini muncul ketika aliran fluida air *(groundwater)* melewati medium berporos. Oleh karena itu, metode potensial diri dapat digunakan dalam investigasi air tanah *(groundwater)* dan dalam aplikasi *geochemical enginnering* digunakan untuk studi perembesan air tanah (Syahruddin dkk, 2011).

Pada saat fluida melewati medium berpori terjadi pertukaran ion antara fluida dan partikel-partikel tanah, sehingga menghasilkan anomali *streaming potential*. *Self potential* bila dihubungkan dengan adanya perbedaan gradien tegangan *(piezometrik head)*, konduktiftas fluida. Viskositas fluida dan potensial elektrik diantara dua lapisan *(double layer between solid and liquid phases)*, akan menghasilkan efek anomali *streaming potential* atau potensial elektrokinetik (PE) yang relatif kecil. Oleh karena itu, diperlukan alat ukur SP yang mempunyai kepekaan yang tinggi dalam millivolt (mV). Tegangan yang terukur dipermukaan karena PE yang terjadi di bawah permukaan dapat menggambarkan keadaan pergerakan air bawah permukaan di tempat mengukuran (Syahruddin dkk, 2011).

Potensial elektrokinetik bernilai kurang dari 10 mV dibentuk sebagai akibat adanya sebuah eletrolit yang mengalir melalui medium berpori atau kapiler. Potensial ini dapat diamati ketika larutan resistivitas elektrik ρ dan viskositas η terdesak melalui kapiler atau medium berpori. Besarnya resultan beda potensial antara ujung penerimanya adalah (Telford et al, 1990):

$$E_K = -\frac{\xi \Delta P k \rho}{4\pi\eta} \qquad (2.1)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dimana:

k = Konstanta dielektrik dari elektrolit (farad/m)
ρ = Resistivitas dari elektrolit (Ωm)
η = Viskositas dinamik dari elektrolit (N_S/m^2)
ΔP = Perbedaan tekanan (Nm^2)
ξ = Potensial zeta (potensial yang muncuk pada lapisan padat dan cair) (volt)

2.3.2 Potensial Difusi *(Liquid Junction)*

Potensial Difusi akan timbul ketika ada dua elektroda metal dimasukkan kedalam dua larutan yang memiliki konsentrasi berbeda. Adanya konsentrasi elektrolit dalam tanah yang bervariasi secara lokal (konsentrasinya berbeda) mengakibatkan perbedaan mobilitas anion dan kation sehingga muncul perbedaan potensial. Potensial ini disebut sebagai potensial difusi *(liquid junction atau diffusion potential).* Besarnya potensial ini adalah (Telford, et al, 1990):

$$E_d = -\frac{R\theta\,(I_a - I_c)}{Fn\,(I_a + I_c)}\,ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \qquad (2.3)$$

dimana:

I_a = Mobilitas anion (+ve)
I_c = Mobilitas kation (-ve)
R = Konstanta gas (8,31 J/°C)
θ = Temperatur absolut (K)
n = Ion valensi
F = Konstanta Faraday (9,64 x 10^4 $Cmol^{-1}$)
C_1, C_2 = Konsentrasi larutan (mol)

Untuk larutan NaCl, $\frac{I_a}{I_c}$ = 1,49, oleh sebab itu ketika 25°C maka (Telford, et al,1990) :

$$E_d = -11{,}6\ \log\frac{C_1}{C_2} \qquad (2.4)$$

E_d dalam milivolt.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3.3 Potensial Lempung *(Nerst Potential)*

Potensial ini ditemukan pada pola lapisan dengan keadaan muatannya minus (-) atau saat dua elektroda identik dimasukkan ke dalam suatu elektrolit homogen yang memiliki konsentrasi yang berbeda. Besarnya potensial ini diberikan oleh persamaan potensial difusi dengan syarat bahwa $I_a = I_c$ (Telford, et al, 1990):

$$E_S = -\frac{R\theta}{Fn} ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2.5)$$

dimana:

E_s = Beda Potensial Lempung (milivolt)
R = Konstanta gas umum
θ = Suhu mutlak
F = Konstanta Faraday (96,5 x 10^3 C/mol)
n = Valensi
C_1, C_2 = Konsentrasi larutan homogen

untuk n = 1, θ = 298 K, persamaan ini menjadi (E_s dalam millivolt).

$$E_S = -\ 59{,}1 \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2.6)$$

Kombinasi antara potensial difusi dan potensial lempung disebut potensial elektrokimia atau potensial static. Untuk NaCl ketika T°C, potensial diri elektrokimianya (dalam millivolt) adalah (Telford et al, 1990):

$$E_C = -70{,}7\frac{(T+273)}{273}\log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2.7)$$

Ketika konsentrasi pada rasio 5:1, E_c = ±50 mV pada 25°C.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3.4 Potensial Mineralisasi

Ketika dua logam dimasukkan dalam suatu larutan homogen, maka pada logam tersebut akan timbul beda potensial. Beda potensial yang timbul di antara kedua elektroda searah dengan potensial diri statis. Beda potensial tersebut disebut sebagai potensial kontak elektrolit. Pada daerah yang banyak mengandung mineral, potensial kontak elektrolit dan potensial elektrokimia sering timbul dan dapat diukur di permukaan dimana mineral itu berada, sehingga dalam hal ini kedua proses timbulnya potensial ini disebut juga dengan potensial mineralisasi. Potensial mineralisasi tidak dapat menunjukkan dengan sendirinya dalam menggambarkan potensial elektrokimia lebih awal. Kehadiran logam konduktor pada konsentrasi cukup besar tampak menjadi kondisi yang penting, namun mekanisme tepat tidak seutuhnya jelas (Telford et al, 1990).

Sedangkan *Background potentials* memiliki beberapa karakteristik gradien regional. Pertama gradien potensial hasil pengukuran menunjukkan 1 milivolt per 3.050 meter dengan luasan hanya beberapa mil dan bernilai positif ataupun negatif. Hal ini diperkirakan adanya perubahan difusi dan potensial listrik pada air tanah. Nilai yang terukur dapat berubah dengan cepat dan acak pada *baseline shift* atau garis dasar *background potentials*. Gradien regional kedua, yaitu gradient regional yang mempunyai besar sama, hal ini berkaitan dengan topografi dan nilai yang terukur selalu negatif pada puncak dan kemungkinan diakibatkan oleh adanya aliran potensial (Telford et al, 1990).

Gradien potensial menghasilkan proses *electrofiltration*, dimana proses alami meningkat secara positif dalam arah aliran. Teori ini telah terbukti oleh percobaan laboratorium dimana potensial elektrokinetik (PE) yang dihasilkan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

oleh aliran air melalui medium berporos adalah linier atau berbanding lurus dengan kecepatan Darcian dengan gradien tekanan dan komposisi cairan (Bogoslovsky & Ogilvy, 1972).

Potensial mineralisasi secara analitik tidak bisa ditemukan penyebabnya, karena perilaku untuk logam yang berbeda akan menghasilkan potensial berbeda. Namun dapat dikatakan terjadi ketika dua logam sebagai elektroda berbeda dimasukkan ke dalam suatu larutan yang homogen sehingga terdapat perbedaan potensial antara elektroda tersebut yang dikenal dengan potensial kontak elektrolitik.

Potensial kontak elektrolitik yang terjadi bersama dengan *streaming potential* dan potensial difusi merupakan penyebab yang belum diketahui dalam penentuan nilai anomali potensial yang besar dalam daerah mineralisasi dan disebut dengan potensial mineralisasi.

Potensial mineralisasi secara khusus dapat ditentukan pada daerah dengan keterdapatan sulfida, grafit, dan magnetit. Secara umum, nilai ratusan millivolt dan potensial yang besar dari 1 volt ditemukan pada daerah grafit serta alunit. Nilai magnitude yang besar dalam potensial mineralisasi tidak dapat dihubungkan hanya dengan potensial elektrokimia yang dijelaskan sebelumnya. Keberadaan mineral logam dalam konsentrasi yang cukup akan terlihat pada kondisi tertentu, namun belum ditemukan mekanisme yang tepat secara jelas untuk menggambarkannya

2.4 Mekanisme Potensial Diri (SP) pada Daerah Mineralisasi

Prinsip dasar dari metode potensial diri adalah pengukuran tegangan statis alam *(Static Natural Voltage)* pada permukaan tanah. Orang yang pertama kali

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menggunakan metode ini adalah untuk menentukan daerah yang mengandung mineral logam. Setelah keberhasilan metode ini kemudian banyak orang untuk mencari mineral-mineral logam yang berhubungan dengan mineral-mineral sulfida, grafit, magnetit. Berawal dari inilah maka banyak pakar geofisika berusaha untuk mengungkap mekanisme dari fenomena potensial mineralisasi (Indriana, 2007).

Mekanisme dari polarisasi spontan pada daerah mineral belum seluruhnya dimengerti, meskipun ada berbagai teori dikembangkan untuk mengungkapnya Sato dan Mooney mengusulkan alasan lain dan teori lengkap dari potensial mineralisasi, yang antara lain mengatakan bahwa pada tubuh mineral terjadi reaksi setengah sel elektrokimia dimana anoda berada di bawah air tanah. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan reduksi yang diakibatkan oleh H_2O dan O_2 di dalam tanah. Sato dan Mooney menggambarkan aliran-aliran ion dan elektron mengalir di sekitar sulfida dan di dalam sulfida. Jika suatu sulfida, misalnya (FeS_2) di dalam tanah, maka akan timbul reaksi sebagai berikut (Indriana, 2007):

Untuk sulfida yang tertanam di dalam air tanah berlaku:

$$FeS_2 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + 2S + H^+ + 2e^-$$

Oleh karena jumlah H_2O di sini berlebuh, maka $Fe(OH)_2$ yang terbentuk masih beraksi lagi menjadi:

$$Fe(OH)_2 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + H^+ + e^-$$

Jika reaksi-reaksi ini berlangsung terus, maka di sekitar sulfida akan banyak mengandung ion-ion H^+, hal ini mengakibatkan terjadinya aliran ion negatif ke arah bawah (tertariknya ion-ion OH^- dari atas air tamah oleh H^+ membentuk H_2O). Jika jumlah ion-ion H^+ yang terjadi banyak, maka akan mencapai daerah di atas air

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

tanah, dan ditarik oleh O_2 untuk membentuk H_2O dengan persamaan reaksinya sebagai berikut:

$$4H + O_2 + 4e^- \rightarrow H_2O$$

Pada umumnya e^- diambil dari dalam tubuh sulfida (FeS_2). Hal ini mengakitbatkan adanya aliran ion-ion positif dari atas ke bawah (di luar tubuh sulfida) dan aliran elektron dari bawah ke atas (di dalam sulfida). Untuk H_2O yang terjadi di daerah atas air tanah akan bereaksi dengan sulfida tersebut, menjadi:

$$FeS_2 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + 2S + H^+ + 2e^-$$

Karena jumlah H_2O di daerah ini tidak berlebihan, maka tidak akan terjadi $Fe(OH)_3$, sehingga $Fe(OH)_2$ yang terjadi akan terurai menjadi:

$$Fe(OH)_2 \rightarrow Fe^{++} + 2(OH)^-$$

Jika Fe^{++} yang terjadi banyak, maka akan dapat mencapai daerah di bawah permukaan air tanah, dan berekasi dengan H_2O menjadi:

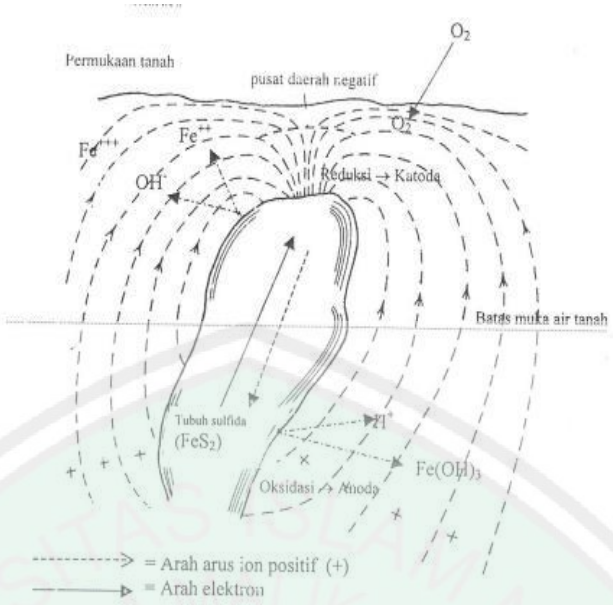
$$Fe^{++} + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^-$$

Dengan adanya reaksi ini akan mempercepat bertambahnya jumlah ion-ion H^+ di daerah tersebut. Jika jumlah Fe^{++} itu tidak banyak, maka akan berubah menjadi:

$$Fe^{++} \rightarrow Fe^{++} + e^-$$

Teori Sato dan Mooney mengasumsikan bahwa daerah sulfida seharusnya merupakan penghantar yang baik untuk dapat membawa elektron dari suatu kedalaman ke daerah dekat permukaan tanah Sato dan Mooney, (1960) dalam (Indriana, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2.2 Mekanisme Polarisasi pada Mineral Menurut Teori Sato dan Mooney (1960) (Indriana, 2007)

2.5 Target *Self Potential*

Potensial mineralisasi dihasilkan oleh sulfida yang merupakan target dari eksplorasi pada zona mineral maupun pada daerah panas bumi. Nilai potensial yang diperoleh tersebut dapat diklasifikasikan sebagai *background potential* (BP) maupun *noise*. Dimana pada target mineralisasi, efek geothermal merupakan *noise* dan pada target geothermal, efek mineralisasi adalah *noise*. Sedangkan nilai potensial yang merupakan target disebut dengan *background potential*. *Background potential* berasal dari fluida yang mengalir, aktivitas biolektrik dalam vegetasi, variasi konsentrasi elektrolitik dalam air tanah, dan aktivitas geokimia lainnya (Anonymous, 2015).

Ciri-ciri dari *background potential* ialah memiliki nilai amplitudo kurang dari 100 mV. Selain itu, *background potential* dipengaruhi oleh topografi, dimana akan bernilai negatif bila didekat topografi tinggi akibat adanya *streaming potential*. Nilai potensial juga dapat mencapai ratusan mV yang disebabkan oleh ativitas

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

makhluk hidup, seperti tumbuhan dan dapat bernilai negatif yang menyerupai anomali mineral. Perubahan gradual difusi dan elektrolitik air tanah menyebabkan gradien *background potential* pada orde 30 mV/km (negatif atau positif). Arus tellurik periode panjang (lebih dari 1 menit) akan menghasilkan nilai ratusan mV/km pada daerah yang resistif (Anonymous, 2015).

2.6 Komponen Data *Self Potential*

Data potensial diri yang diperoleh dari lapangan merupakan gabungan dari tiga komponen data dengan panjang gelombang yang berbeda, yaitu potensial diri *noise* (SPN), Efek topografi (*Topographic Effect* (TE)), dan SP sisa atau residu (residual SP (SPR). SP *noise* dicirikan dengan panjang gelombang yang curam. Karena SPN hanya disebabkan oleh sumber yang ada di permukaan. Penyebab SPN antara lain: potensial aliran skala kecil, potensial aliran difusi serta aktivitas akar tumbuh-tumbuhan. Amplitudo SPN sangat tergantung pada vegetasi maka nilai amplitudonya menjadi tinggi di hutan yang lebat, nilainya berkurang di hutan bisaa dan amplitudonya rendah pada tanah terbuka (Indriana, 2007).

Tiga komponen data didapatkan dari hasil pengukuran lapangan dengan panjang gelombang yang bervariasi, tiga komponen tersebut adalah sebagai berikut (Anonymous, 2015):

1. *Self Potential Noise* (SPN)

   Penyebab terjadinya *self potential noise* adalah sumber yang terdapat pada permukaan seperti potential aliran skala kecil, potensial aliran difusi, dan aktivitas akar tumbuhan di sekitar daerah pengukuran. Aktivitas akar tumbuhan tersebut memengaruhi nilai amplitudo, dimana nilai amplitudo menjadi besar pada daerah dengan tumbuhan yang lebat pada daerah tanah terbuka nilai amplitudo menjadi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kecil. Ciri-ciri keberadaan *self potential noise* adalah panjang gelombang yang pendek dengan gradien curam.

2. Efek Topografi (*Topographic Effect* / TE)

Nilai potensial akan dipengaruhi oleh adanya aliran potensial karena aliran air dari tempat yang tinggi, dimana pada topografi tinggi akan menyebabkan nilai potensial bertambah dan pada topografi rendah akan menyebabkan nilai potensial berkurang. Hal tersebut dapat disebabkan pula oleh efek topografi lembah atau bukit.

3. *Self Potential Residual* (SPR)

Ciri-ciri dari *self potential residual*_adalah panjang gelombang yang relatif panjang dengan gradient relatif landai, dimana komponen ini berhubungan dengan litologi bawah permukaan.

Hasil pengukuran SP ke arah naik *(up hill)* menunjukkan harga potensial yang semakin positif. Sedangkan pada keadaan lainnya untuk pengukuran ke arah turun *(down hill)* berkurang. Keadaan ini dinamakan efek topografi. Penyebabnya adalah adanya medan aliran potensial oleh karena aliran air dari tempat yang tinggi. SP sisa yang dicirikan oleh panjang gelombang yang relatif panjang dan gradiennya relatif landai. Kompoen inilah yang mempunyai hubungan dengan litologi bawah tanah Sato dan Mooney, (1960) dalam (Indriana, 2007).

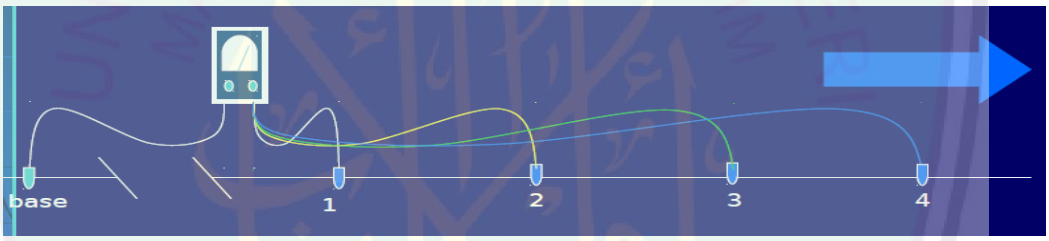
2.7 Konfigurasi Pengambilan Data Metode *Self Potential*

Pengambilan data metode *self* potential terdapat dua metode pengambilan data yang dilakukan, yaitu (Nuha, 2018):

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Konfigurasi *Fixed Base*

Pengukuran dengan konfigurasi *fixed base* atau yang bisa disebut dengan istilah konfigurasi *potential amplitude* (elektroda tetap). Konfigurasi ini *menggunakan* satu elektroda *porous pot* tetap berada di titik referensi, sedangkan elektroda *porous pot* yang lainnya bergerak setiap interval tertentu sesuai dengan arah lintasan. Keuntungan dari metode ini adalah potensial yang terukur kontinyu terhadap titik tetapnya sehingga kesalahan nol *(zero error)* antara kedua elektroda *pororus pot* tidak timbul. Sedangkan kerugian dari metode ini adalah kabel yang digunakan relatif panjang menurut Telford dkk, (1990) dalam (Nuha, 2018). Berikut skema pengambilan data menggunakan konfigurasi *fixed base*:



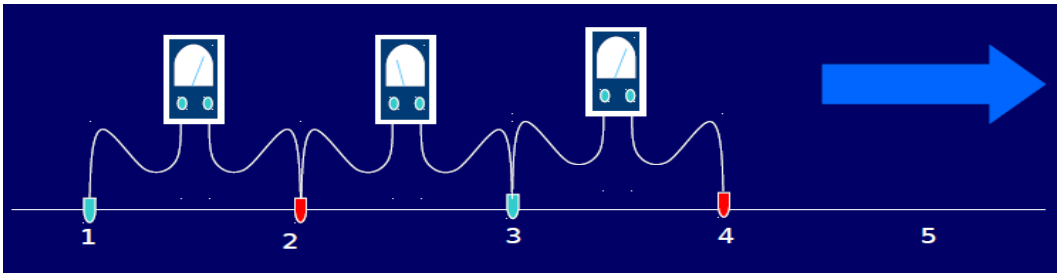
Gambar 2.3 Ilustrasi Pengambilan Data Potensial dengan Menggunakan Konfigurasi *Fixed Base* (Hartantyo, E. 2013)

Kabel yang digunakan pada konfigurasi ini relatif panjang karena terdapat satu elektroda yang berada tetap pada titik referensi dan salah satu elektroda lain mengukur pada titik pengukuran terjauh, karenanya konfigurasi ini jarang digunakan pada daerah yang proses pengambilan data potensialnya cukup luas.

2. Konfigurasi *Leap Frog*

Konfigurasi *leap frog* dilakukan dengan minimal dua buah elektroda *porous pot*. Nama lain metode konfigurasi ini adalah *potential gradient*. Skema pengambilan data dengan konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



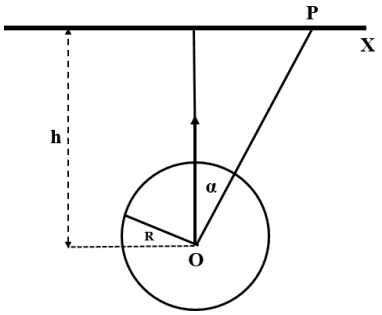
Gambar 2.4 Ilustrasi Pengambilan Data Potensial dengan Menggunakan Konfigurasi *Leap Frog* (Hartantyo, E. 2013)

Berdasarkan Gambar 2.4 kedua elektroda *porous pot* masing-masing digerakkan sesuai dengan arah lintasan pada interval tertentu. Elektroda *porous pot* yang ada di belakangnya digerakkan ke depan tiap satu interval, sedangkan elektroda *porous pot* yang di depan menempati titik ukur yang baru. Kelebihan konfigurasi ini adalah kabel yang digunakan relatif lebih pendek daripada konfigurasi *fixed base*, sedangkan kerugian dari konfigurasi ini adalah kesalahan nol (*zero error*) selalu terjumlahkan pada setiap interval. Hal ini bisa diatasi dengan mengontrol elektroda *porous pot* satu persatu pada lubang setiap 300-400 meter atau diadakan pembalikan kutub setiap kali melakukan pengukuran antara titik ukur yang satu dengan beruikutnya menurut Telford dkk, (1990) dalam (Nuha, 2018).

2.8 Penafsiran Anomali *Self Potential*

Menurut Indriana, 2007 "Dalam perumusan anomali *self potential* yang disebabkan oleh mineral di bawah permukaan bumi, model penyebab anomali dapat didekati dengan model bola". Pendekatan ini dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2.5 Model Penyebab Anomali dapat Didekati Dengan Model Bola (Nuha, 2018)

Bola mineral yang tertanam dalam tanah dianggap sebagai suatu mineral yang merupakan sumber anomali potensial diri yang terletak pada kedalaman *h* serta memiliki sudut polarisasi α. Untuk setiap titik-titik di permukaan tanah (hasil penampang melintang pada peta kontur tegangan sama), besar potensial di titik-titik tersebut yang berada di sekitar bola terpolarisasi dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut De Witte, L. (1948) dalam Indriana, (2007):

$$V_x = M \frac{x \cos \alpha + h \sin \alpha}{\left(x^2+h^2\right)^{3/2}} \quad (2.8)$$

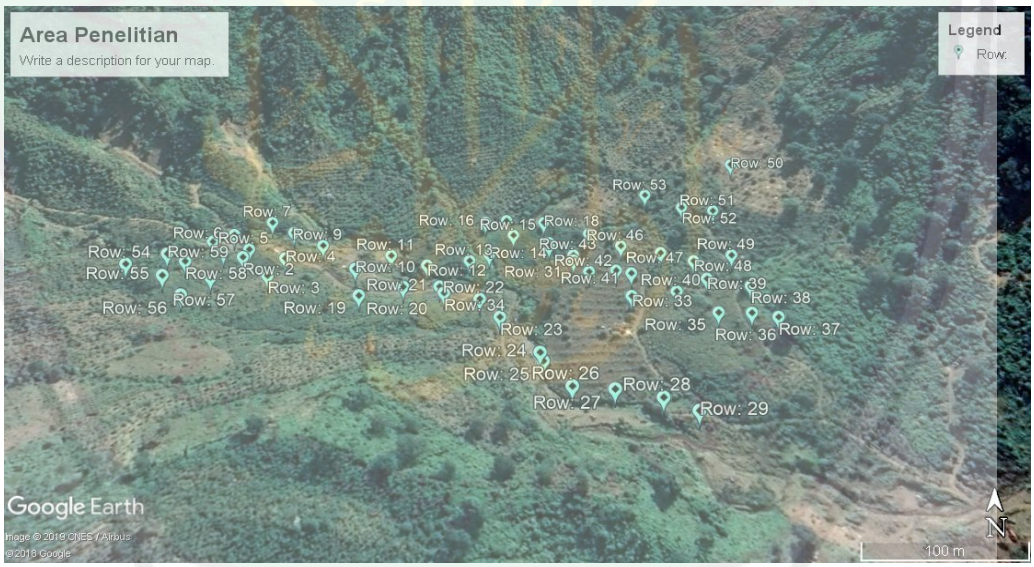
Dimana $V_{(x)}$ merupakan potensial yang terukur di titik x dalam volt, M adalah momen dipole listrik dalam volt, x adalah titik-titik pada potongan melintang peta kontur, α merupakan sudut polarisasi (°), dan *h* adalah kedalaman titik pusat bola dari permukaan tanah dalam meter (Indriana, 2007).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan bertempat di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung pada 11–12 November 2017. Daerah ini memiliki keadaan alam yang sebagian besar adalah sawah, ladang dan perkebunan. Tempat penelitian ini terletak berdekatan dengan pesisir pantai yang lokasinya tidak terlalu jauh dari bibir pantai. Data penelitian diolah bertempat di laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Desain Area Penelitian (Google Earth, 2017)

3.2 Data Penelitian

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Koordinat lintang dan Bujur
2. Ketinggian titik ukur
3. Waktu pengambilan data, yaitu tanggal, hari, dan jam

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. Data *self potential*

3.3 Peralatan Penelitian

Tabel 3.1 Peralatan penelitian untuk pengambilan data

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Elektroda Pot	15 Buah
2	Kawat Tembaga	4 Buah
3	Kabel Penghubung	2 Buah
4	Capit Buaya	6 Buah
5	Peta Geologi	1 Set
6	Digital Milivoltmeter	2 Buah
7	Handy Talking	2 Buah
8	GPS	1 Buah
9	Lembar Kerja dan Alat Tulis	1 Set
10	Payung	1 Buah
11	Tutup Pot	4 Buah
12	Cangkul Kecil	1 Buah
13	Aquades	5 Litter
14	Kristal CuSO4	2 Kg
15	Laptop	1 Buah
16	*Software* Excel 2013	1 Set
17	*Software* Surfer versi 13	1 Set
18	Kabel Antar Elektroda Rover	30 meter

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap pra akuisisi data, tahap akuisisi data dan tahap prosesing data.

3.4.1 Tahap Pra Akuisisi Data

Tahap ini terdiri dari studi pustaka, studi lapangan dan studi informasi litologi daerah penelitian. Studi pustaka adalah mempelajari literatur yang berhubungan dengan pokok bahasan mengenai karateristik batuan menggunakan metode SP *(self potential)*. Kemudian tahap studi lapangan adalah untuk melihat daerah yang akan diambil data penelitian dan melihat keadaan daerah penelitian.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Selanjutnya studi informasi litologi daerah penelitian memiliki tujuan untuk mengetahui kondisi litologi batuan di daerah penelitian yang mempengaruhi kerentanan bawah permukaan.

Menyiapkan larutan $CuSO_4$, dibuat dengan melarutkan $CuSO_4$ padat dengan air aquades. Untuk pengukuran potensial diri ini dibutuhkan larutan $CuSO_4$ dengan konsentrasi yang sama di setiap elektroda *porous pot*. Agar konsentrasinya sama larutan $CuSO_4$ dibuat dalam suatu wadah yang bersih hingga jenuh. Sifat jenuh pada larutan ini dicirikan dengan ketika terjadi penambahan air konsentrasinya tidak berubah. Pelarutan $CuSO_4$ dilakukan minimal 1 hari sebelum pengukuran di daerah penelitian. Pada penelitian ini larutan $CuSO_4$ dilakukan pelarutannya 7 hari sebelum pengukuran di lapangan.

Kemudian melakukan kalibrasi alat dengan melakukan pengukuran potensial diri dengan tujuan untuk memperoleh data lapangan yang baik. Kalibrasi alat yang dilakukan pada non polarisasi adalah dengan cara menanamkan kedua elektroda *porous pot* ke dalam tanah dengan jarak 15 cm, kemudian diukur beda potensialnya dengan penunjukkan harus lebih kecil atau sama dengan 2 mV. *Porous pot* lalu diisi dengan menggunakan larutan $CuSO_4$ (Febriani dan Daniyati, 2017).

3.4.2 Tahap Akuisisi Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data di daerah penelitian, yaitu di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung menggunakan metode SP *(self potential)*. Pengambilan data akan dilakukan dengan scan karakteristik batuan menggunakan metode SP *(self potential)* pada daerah yang terdapat

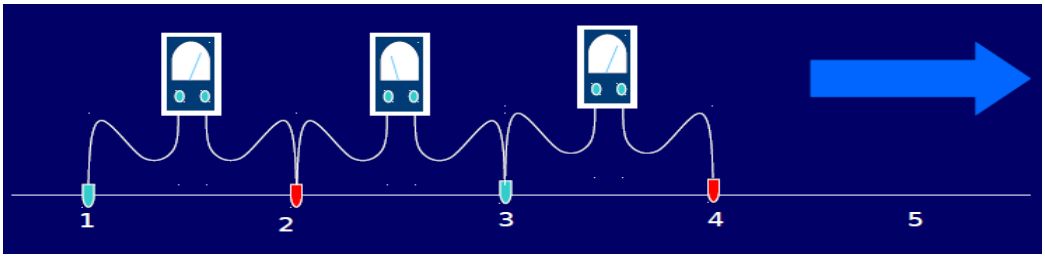
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

singkapan batubara dan daerah sekitar singkapan batubara dengan menggunakan lintasan grid. Teknik akuisisi data ini terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan lintasan, lintasan berupa lintasan grid.
2. Menghidupkan GPS dan Milivoltmeter.
3. Menyiapkan dan menyusun alat sesuai prosedur pengambilan data SP *(self potential)* kemudian melakukan kalibrasi alat dengan nilai potensial yang diukur harus ≤ 2 milivolt.
4. Menghubungkan sepasang elektroda *porous pot* untuk titik *base* dan sepasang lagi elektroda *porous pot* untuk *rover*.
5. Melakukan pengambilan data dengan cara membaca potensial yang muncul pada *milivoltmeter* di *porous pot base* dan *porous pot rover* pada waktu yang sama.
6. Mengulangi langkah di atas untuk pengambilan data di titik berikutnya.

Proses pengambilan data pada penelitian ini menggunakan *porous pot* yang telah diisi larutan $CuSO_4$, kemudian ditanam di dalam tanah untuk kemudian diukur potensial diri dengan *digital milivoltmeter*. Konfirgurasi yang digunakan pada penelitian ini adalah katak lompat atau *leap frog*, yaitu system pengukuran potensial diri dengan pemindahan elektroda tidak dilakukan secara bersamaan tetapi dipindah secara bergantian seperti gambar berikut (Febriani dan Daniyati, 2017):

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.2 Ilustrasi Pengambilan Data Potensial dengan Menggunakan Konfigurasi *Leap Frog* (Hartantyo, E. 2014)

Pengambilan data *self potential* di lapangan dilakukan dengan dua cara, yaitu sebagai fungsi waktu (*base*) dan sebagai fungsi posisi (*rover*). Pengukuran *base* bertujuan untuk mengukur variasi harian yang disebabkan oleh arus *telluric* dan hasil pengukuran di *base* ini digunakan untuk mengkoreksi data. Pengukuran *base* dilakukan dengan cara menempatkan satu pasang elektroda *porous pot* di tempat yang tetap. Kemudian pengambilan data beda potensial dilakukan berdasarkan varian waktu. Dalam penelitian ini dilakukan setiap 2 menit tanpa berpindah tempat. (Anonymous, 2015).

Pada pengukuran *rover* dilakukan dengan cara menempatkan satu pasang elektroda *porous pot* pada lintasan penelitian dengan interval jarak perpindahan antar elektroda konstan, yaitu 30 meter. Pengukuran nilai beda potensial dilakukan sesuai pada Gambar 3.2, kemudian dilihat pada *digital milivoltmeter* nilai yang terukur kemudian catat pada *log sheet*. Dalam penelitian ini diambil 3 nilai beda potensial tiap pengambilan data pada satu titik dan titik berikutnya sesuai lintasan penelitian.

Data dari penelitian ini diperoleh dengan menggunakan *digital milivoltmeter* yang memiliki impedansi masukan tinggi untuk mengabaikan arus bumi pada saat pengukuran data. Data yang diperoleh dari penelitian ini merupakan nilai potensial yang terjadi antar dua elektroda yang ditampilkan oleh

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

digital milivoltmeter. Nilai potensial ini belum termasuk potensial diri dari daerah yang diteliti, sehingga data yang diperoleh harus melalui beberapa koreksi sebelum dibaca oleh *software* Surfer versi 13.

3.4.3 Tahap Pengolahan Data *Self Potential*

Data yang diperoleh di lapangan merupakan nilai potensial antara 2 elektroda berjalan (rover) yang terbaca pada *digital milivoltmeter*. Data yang diperoleh tersebut belum menunjukkan potensial diri dari titik yang diambil nilai potensialnya, hal ini dikarenakan adanya perbedaan harga potensial pada satu titik jika dilakukan pengukuran berulang pada waktu yang berlainan. Sehingga diperlukan untuk menentukan rata-rata dan koreksi terhadap pembacaan potensial awal. Berikut koreksi yang dilakukan:

1. Koreksi Harian

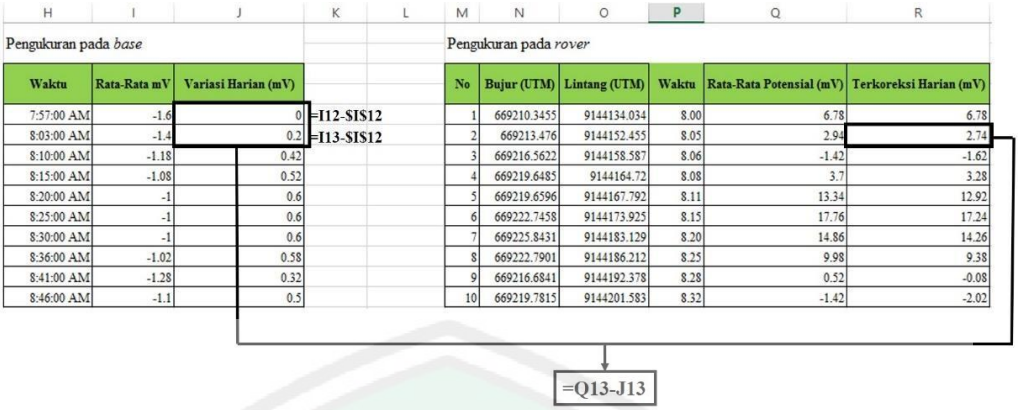
   Koreksi harian adalah selisih antara beda pontensial pada waktu tertentu dengan beda potensial pada *baseline* (pengukuran pada *base*). Koreksi ini dilakukan dengan pemilihan *baseline* yaitu memilih nilai potensial yang digunakan pada koreksi harian. Nilai *baseline* yang dipilih disesuaikan dengan waktu awal pengukuran *rover*. Persamaan koreksi harian ini adalah sebagai berikut (Nuha, 2018):

$$SP_H = SP - SP_{VH} \tag{3.1}$$

dimana:

SP_H = SP terkoreksi harian
SP = potensial terukur
SP_{VH} = potensial variasi harian

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 3.3 Skema Perhitungan Koreksi Harian Menggunakan *Software excel* 2013 (Nuha, 2018)

Pada Gambar 3.3 di atas koreksi harian ini dimulai dengan menghitung nilai variasi harian pada pengukuran *base*. Langkah pertama adalah memilih *baseline* yang mana pada perhitungan tersebut dipilih *baseline* pukul 7.57 yang hampir sesuai dengan pengukuran awal *rover* pada pukul 8.00. nilai variasi harian merupakan pengurangan nilai potensial terukur pada *base* dengan nilai potensial *baseline* yaitu -1.6 mV. Setelah didapatkan nilai variasi harian dengan menggunakan persamaan 3.1 dengan memperhatikan waktu pengukuran pada *rover* dan waktu pengukuran pada *base* (Nuha, 2018).

2. Koreksi *Leap Frog*

Koreksi *leap frog* adalah koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan efek yang ditimbulkan saat adanya perpindahan *porous pot*. Nilai koreksi ***leap frog*** ini dilakukan dengan cara mengurangkan nilai pertama dari terkoreksi ***leap frog*** dengan nilai terkoreksi harian pada waktu yang sama dan dilakukan terus menerus (Anonymous, 2015).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

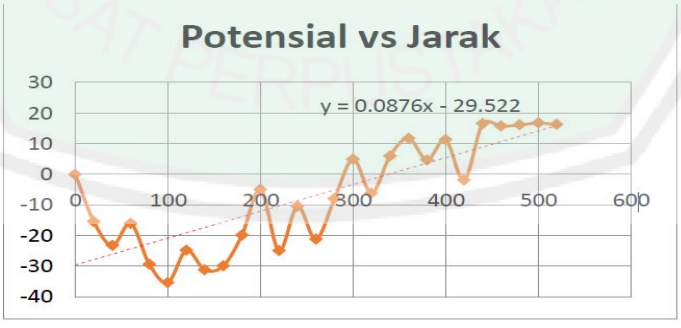
A	B	C	D	E
Tanda	Rerata	Variasi Harian	Terkoreksi VH	Terkoreksi Leap Frog
				0
+	-29.2	0	-29.2	=D4-E3
-	-42.6	-0.6	-42	-12.8
+	-13.4	-0.68	-12.72	-0.08

Gambar 3.4 Skema Perhitungan Koreksi *Leap Frog* Menggunakan *Software Excel* 2013 (Anonymous, 2015)

3. Koreksi Topografi

Sebelum melakukan koreksi topografi, mula-mulai dilakukan perhitungan proses *streaming potensial*. Proses ini dilakukan karena adanya topografi. Efek topografi menimbulkan adanya aliran larutan elektrolit dalam pori-pori batuan sehingga tercipta potensial elektrokinetik (Anonymous, 2015).

Untuk mereduksi efek *streaming potensial*, digunakan metode regresi linier. Data yang digunakan dalam persamaan regresi linier adalah data antara beda potensial *versus* jarak, kemudian diambil persamaan liniernya untuk mendapatkan nilai koreksinya. Persamaan linier ini ditulis sebagai $Y_{koreksi} = mX + c$ dimana nilai X adalah nilai spasi dari titik pengukuran (Anonymous, 2015).



	I	J	K	L	M	N	O
1	Jarak (m)	V	Varhan	Terkoreksi Varhan	Terkoreksi Leap	Koreksi Topografi	Terkoreksi
3	0	21.88	0	21.88	0	-29.52	=0.087*I3-29.52
4	20	16.08	-0.2876	16.3676	-16.3676	-27.78	11.4124
5	40	1.34	-0.4567	1.7967	-14.5709	-26.04	11.4691
6	60	6.04	-0.23	6.27	-20.8409	-24.3	3.4591
7	80	5.16	-0.2723	5.4323	-15.4086	-22.56	7.1514

Gambar 3.5 Skema Perhitungan Proses *Streaming Potential* untuk Menentukan Koreksi Topografi (Anonymous, 2015)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai beda potensial terkoreksi *streaming potential*, yaitu (Anonymous, 2015):

$$Y'(x)=Y(x)-Y_{koreksi}(x) \quad (3.2)$$

dimana:

Y' = Data terkoreksi
Y = Data asli
$Y_{koreksi}$ = Data Y regresi

Data potensial yang sudah dilakukan koreksi topografi disebut dengan potensial terkoreksi. Proses selanjutnya adalah menginterpretasikan data secara kualitatif dengan cara membuatan peta kontur isopotensial menggunakan *software* Surfer 13. Data yang diinput pada *software* Surfer 13 adalah nilai potensial diri yang terkoreksi, koordinat lintang dan bujur. Hasil *output* dari *software* Surfer 13 berupa peta kontur isopotensial sehingga diketahui pola sebaran sumber anomali dari potensial diri di daerah penelitian.

4. Pemodelan Anomali *Self Potential*

Anomali yang terukur pada metode *self potential* di bawah permukaan tanah dapat dimodelkan dengan pendekatan metode *fixed geometry*. Metode ini digunakan untuk memperkirakan parameter model berupa bentuk, kedalaman, sudut polarisasi, dan momen dipol listrik. Pendekatan metode *fixed geometry* dalam penelitian ini digunakan berupa model bola yang dinyatakan dalam persamaan (2.8) (Nuha, 2018).

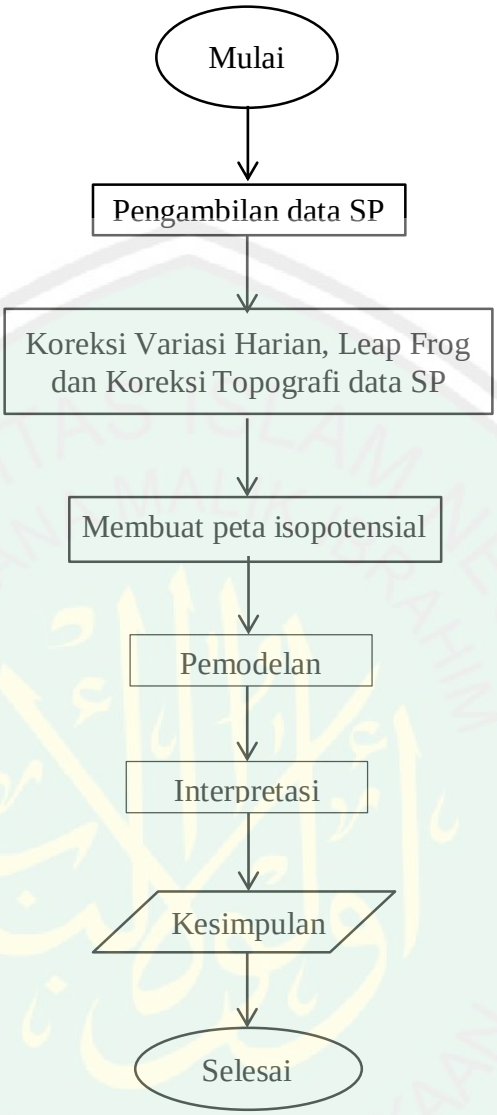
Pemodelan anomali *self potential* dibuat dengan melakukan irisan profil pada peta kontur isopotensial terlebih dahuludengan menggunakan aplikasi Surfer 13. Berdasarkan data dari irisan profil peta kontur isopotensial berupa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

nilai potensial, jarak, koordinat lintang dan bujur dapat ditentukan nilai dari $V_{maximum}$, $V_{minimum}$, $V_{1/2}$, x_{max} , x_{min}. Selanjutnya menentukan panjang $2a$ yang merupakan jarak antara titik potensial maksimum (V_{max}) dan titik potensial minimum (V_{min}) yang kemudian dilanjutkan dengan menentukan nilai a dan $x_{1/2}$. Dalam menentukan nilai sudut a terlebih dulu dilakukan perhitungan pada $x_{max} - x_{1/2}$, $x_{min} - x_{1/2}$, $\frac{a}{x_{max} - x_{1/2}}$, dan $\frac{a}{x_{min} - x_{1/2}}$. Dengan menggunakan bantuan kurva pada lampiran 1 dapat ditentukan nilai sudut a dan nilai $\frac{a}{h}$. Langkah terakhir dalam pemodelan ini adalah menentukan nilai kedalaman (h) berdasarkan data nilai sudut a dan nilai $\frac{a}{h}$ (Nuha, 2018)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5 Rancang Alur Penelitian



Gambar 3.6 Rancang Alur Penelitian

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan dapat dimanfaatkan dalam banyak hal dalam kehidupan sehari-hari. Batubara juga merupakan sumber energi yang dapat ditemukan dengan mudah karena keberlimpahannya di Indonesia dan energi yang paling baik yang dapat kita gunakan setelah minyak bumi. Emas hitam yang sering kita dengar untuk sebutan batubara, merupakan sumber energi alternatif yang mulai banyak dicari. Singkapan batubara ditemukan pada daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur beberapa waktu lalu. Daerah ini adalah area yang digunakan dalam penelitian ini yaitu untuk mengukur sebaran dan kedalaman singkapan ataupun batubara yang berada di area sekitar singkapan batubara yang terlihat pada daerah tersebut.

Penelitan ini menggunakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada area sekitar singkapan batubara, yaitu metode potensial diri *(self potential)* dengan menggunakan konfigurasi gradient potensial *(leap frog)*. Pengambilan data yang dilakukan terletak pada 60 titik ukur yang tersebar di area penelitian dengan jarak antar elektroda *porous pot* 30 meter. Selanjutnya data yang diperoleh di lapangan diolah menggunakan aplikasi Surfer 13 untuk dibuat peta isopotensialnya. Kemudian dilakukan interpretasi dan analisis data sehingga dapat diketahui sebaran batubara di sekitar area penelitian dan singkapan batubara.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.1 Akuisisi Data

Metode *self potential* merupakan salah satu metode geofisika pasif dengan cara mengukur nilai potensial statis alam yang ada di permukaan bumi. Nilai potensial yang didapat menggunakan metode potensial diri akan diperoleh kontur yang menggambarkan sebaran nilai beda potensialnya di area penelitian. Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah metode *self potential* dengan menggunakan konfigurasi *leap frog* (konfigurasi elektroda dengan gradien potensial) dapat dilihat pada (Gambar 3.2) cara melakukan pengukuran data konfigurasi *leap frog*. Proses pengukuran data dilakukan dengan menanamkan dua elektroda *porous pot* (pot berpori) ke dalam tanah dengan jarak antar elektroda adalah 30 m pada 60 titik ukur. Dua elektroda *porous pot* dihubungkan dengan kabel sepanjang jarak antar elektroda dan dipasang digital milivoltmeter pada salah satu elektroda untuk dibaca potensialnya. Setelah proses pengukuran dilakukan langkah selanjutnya adalah dilakukan pengolahan data yang kemudian dilakukan interpretasi dan analisis data.

Tahapan pengukuran data pada penelitian ini melalui dua tahap, yaitu tahap pertama adalah tahap pengambilan data sebagai fungsi waktu (*Base*) dan tahap kedua adalah tahap pengambilan data sebagai fungsi posisi (*Rover*). Pengukuran data sebagai fungsi waktu (*Base*) bertujuan sebagai koreksi data pada variasi harian, proses pengambilan data dilakukan sebanyak 3 data selama 2 menit sekali untuk diambil nilai rata-rata beda potensialnya. Pada pengukuran data sebagai fungsi posisi (*Rover*) bertujuan untuk mengetahui sebaran nilai potensial diri sementara (sebelum terkoreksi) yang terdapat pada titik ukur area penelitian. Pengukuran

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dilakukan dan diambil 3 data potensial untuk satu kali pengambilan data yang kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Koreksi data dilakukan setelah melalui proses perhitungan nilai rata-rata beda potensial yang diambil saat pengukuran. Koreksi pada pengolahan data potensial diri ini adalah koreksi harian, koreksi *leap frog* dan koreksi *streaming potential*. Data yang telah melalui tahap koreksi kemudian menghasilkan nilai beda potensial dari titik ukur yang mewakili nilai beda potensial titik ukur tersebut, selanjutnya data terkoreksi dibuat dalam bentuk peta kontur pada aplikasi Surfer 13 berupa peta kontur isopotensial dan peta kontur topografi.

4.1.1 Pengukuran Data Berdasarkan Fungsi Waktu *(Base)*

Data yang diperoleh pada tahapan pengambilan data sebagai fungsi waktu (*Base*) dilakukan dengan cara pencatatan nilai beda potensial yang terukur sebanyak 3 kali dengan interval waktu 2 menit untuk tiap pengukuran. Tahapan ini sepasan elektroda *porous pot* ditanamkan pada area atau zona di luar area pengukuran data. Nilai beda potensial yang muncul atau terukur pada digital milivoltmeter dicatat pada *log sheet* yang telah disiapkan. Setelah selesai melakukan pengukuran, data yang diperoleh dilakukan perhitungan nilai rata-rata pada tiap titik pengukuran yang telah dicatat nilai beda potensial terukurnya. Kemudian dilakukan penyaringan data dengan cara melihat waktu pengambilan data di *log sheet base* dan *log sheet rover* yang sama kemudian dilakukan perhitungan nilai variasi harian yang berupa nilai rata-rata beda potensial pada titik pengukuran sebagai fungsi waktu, nilai ini yang akan digunakan untuk koreksi harian pada tahap pengambilan data sebagai fungsi posisi (*rover*).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Nilai variasi harian yang telah didapat kemudian digunakan untuk mengkoreksi nilai beda potensial pada pengukuran sebagai fungsi posisi (*rover*) dengan cara nilai rata-rata beda potensial data pertama pada pengukuran sebagai fungsi posisi (*rover*) dikurangi nilai variasi harian data pertama pada pengukuran sebagai fungsi waktu dan seterusnya. Setelah perhitungan ini selesai maka diketahui nilai beda potensial pada titik ukur data tersebut dalam bentuk sudah terkoreksi harian.

4.1.2 Pengukuran Data Berdasarkan Fungsi Posisi *(Rover)*

Pengukuruan dilakukan dengan penanaman dua elektroda *porous pot*, yaitu titik antara elektroda dengan elektroda yang lain dapat dilihat pada (Gambar 3.2), lintasan pengukuran data penelitian diusahakan *grid* (membentuk kisi) sepanjang luas area penelitian karena area penelitian berupa bukit dan lembah. Pengukuran data pertama dilakukan dengan penanaman dua elektroda pada awal lintasan kemudian dicatat angka yang muncul pada digital milivoltmeter dengan variasi tiga kali pengukuran setiap titik yang diambil, selanjutnya elektroda dijalankan menuju titik berikutnya seperti yang ditunjukkan (Gambar 3.2) untuk data kedua, ketiga dan seterusnya hingga akhir lintasan pengukuran data titik terakhir pada area penelitian.

Proses pengukuran data di area penelitian menggunakan jarak antar elektroda *porous pot* 30 meter. Data yang diperoleh pada pengukuran sebagai fungsi posisi (rover) berupa nilai *self potential* (potensial diri) sementara dalam satuan milivoltmeter (mV), waktu pengukuran berupa jam dan menit, posisi titik pengukuran (lintang, bujur, dan elevasi) yang dapat dilihat pada GPS Garmin.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.2 Pengolahan Data

Nilai beda potensial pada tiap titik ukur merupakan nilai beda potensial sementara, hal ini dikarenakan adanya perbedaan nilai titik ukur pada waktu yang berbeda oleh karenanya data yang diperoleh di area penelitian harus diproses melalui koreksi-koreksi tertentu. Koreksi yang digunakan untuk memperhalus data yang diperoleh di area penelitian adalah koreksi harian, koreksi *leap frog* dan koreksi *streaming potential*. Data yang telah melalui proses koreksi diasumsikan sebagai beda potensial diri dari mineral atau benda penyebab anomali, yaitu area dan letak sebaran batubara pada area penelitian.

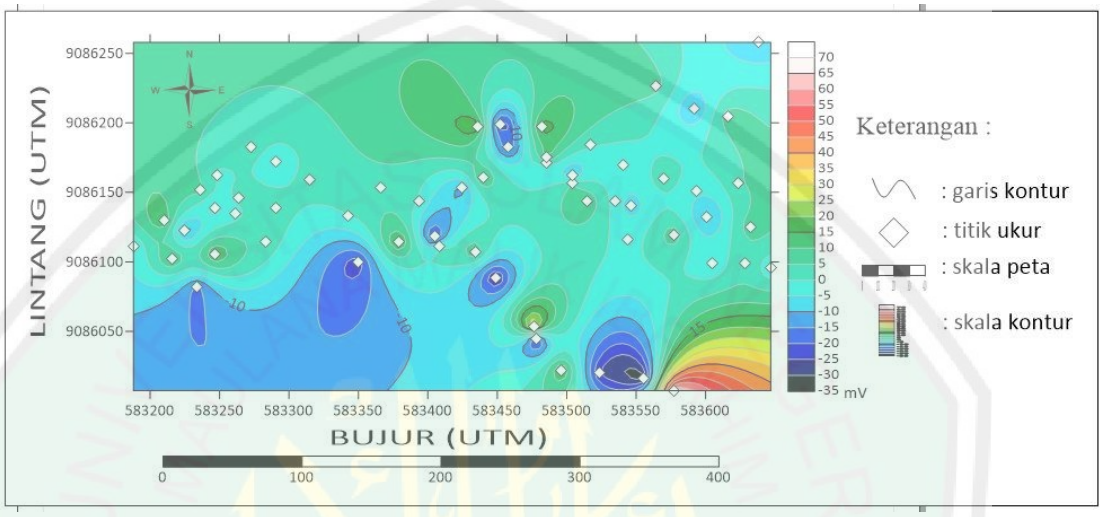
4.3 Interpretasi Data

Interpretasi data pada data yang diperoleh dengan menggunakan metode *self potential* dilakukan dengan cara interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Data beda potensial diri yang telah terkoreksi kemudian diproses menggunakan aplikasi Surfer 13 kemudian ditampilkan oleh aplikasi berupa peta penampang atau kontur isopotensial titik-titik ukur di area penelitian. Penampang dari peta kontur isopotensial tersebut selanjutnya dilakukan analisis secara kualitatif sebaran batubara pada area penelitian. Kemudian analisis atau interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menafsirkan anomali potensial diri menggunakan pendekatan metode *fixed geometry* berupa model bola yang diperoleh dari *slice* data pada peta kontur isopotensial dan peta kontur topografi.

Peta kontur isopotensial pada area penelitian (Gambar 4.1) menggambarkan distribusi atau sebaran nilai potensial diri tubuh mineral pada area penelitian. Perbedaan nilai potensial diri yang terukur pada titik ukur area penelitian

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dipengaruhi oleh aliran fluida di bawah tanah, aktifitas tumbuhan di sekitar area penelitian, proses korosi, proses mineralisasi pada tubuh mineral dan pelapukan bahan-bahan mineral, hal ini dapat dilihat pada (Tabel 2.1) sumber dan tipe anomali *self potential*.



Gambar 4.1 Peta Kontur Isopotensial pada Area Penelitian

Berdasarkan gambar di atas (Gambar 4.1) menunjukkan bahwa anomali di area penelitian memiliki nilai potensial berkisar pada -33,00 mV sampai dengan 66,63 mV. Jenis anomali pada rentang data ini disebabkan oleh adanya *background potential* atau nilai potensial target) yang bersumber dari fluida yang mengalir, aktivitas bioelektrik dalam vegetasi, aktivitas geokimia, variasi dari konsentrasi elektrolit dalam air tanah (Tabel 2.1).

Zona potensial berdasarkan (Gambar 4.1) yang terkecil berada pada arah selatan dan berdasarkan area penelitian (Gambar 3.1) zona ini terletak berdekatan dengan aliran sungai yang terlihat singkapan batubara. Nilai *self potential* yang berada pada titik pengukuran sekitar aliran sungai memiliki nilai berkisar -33,00 mV sampai dengan 32,38 mV. Secara keseluruhan area penelitian memiliki anomali

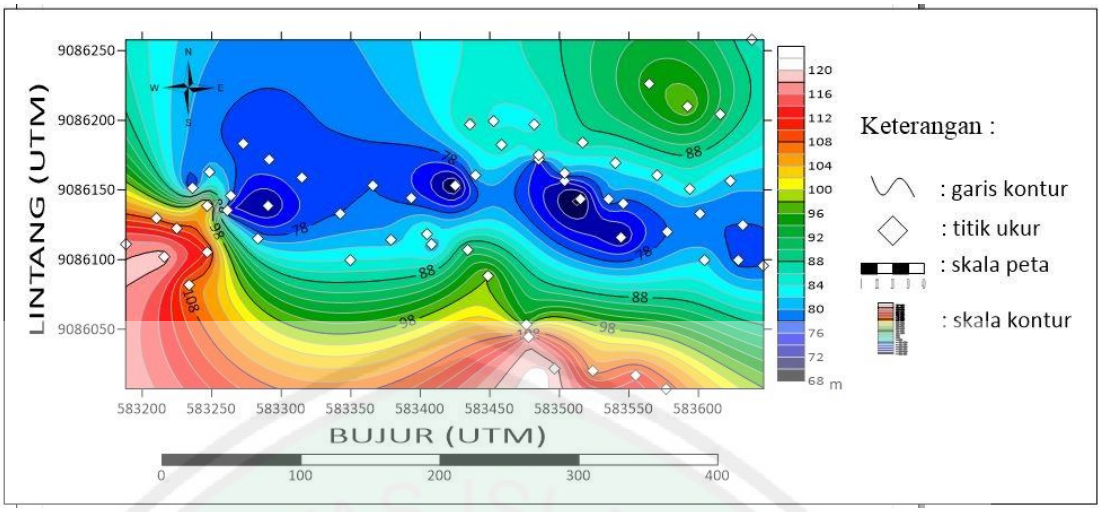
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

potensial diri negatif, sehingga termasuk dalam zona konduktif. Zona anomali potensial paling negatif terukur di arah selatan dan tenggara, yaitu area dekat aliran sungai dengan nilai potensial diri terendah -33,00 mV pada Gambar 4.1 ditunjukkan oleh warna biru hingga mendekati warna hitam. Sedangkan nilai anomali potensial diri tertinggi berada pada daerah yang tak jauh dari nilai potensial diri terendah, yaitu mencapai nilai 66,33 mV yang ditandai dengan warna merah muda. Berdasarkan peta kontur isopotensial tersebut dapat diketahui bahwa sebaran batubara pada area penelitian berdasarkan nilai potensial diri area tersebut dapat diperkirakan letak sebarannya dengan melihat kontur warna yang ditampilkan pada peta kontur isopotensial.

Tampilan peta kontur topografi (Gambar 4.2) dibuat menggunakan data berupa nilai ketinggian titik ukur di atas permukaan laut (h) atau elevasi dalam satuan meter dan koordinat titik ukur pada setiap pengukuran di area penelitian. Topografi adalah gambaran dari permukaan suatu wilayah atau daerah berdasarkan ketinggian dari permukaan laut sebagai titik 0 meter atau acuan titik pengukuran ketinggian suatu daerah di atas permukaan air laut.

Berdasarkan pada (Gambar 4.2) menunjukkan bahwa area penelitian memiliki ketinggian yang berbeda-beda antar titik pengukuran satu dengan yang lainnya. Peta kontur topografi menunjukkan bahwa area penelitian yang memiliki nilai topografi tertinggi terletak pada daerah timur laut dengan ketinggian 119,3 meter, sedangkan nilai topografi terendah berada pada daerah tenggara dengan ketinggian 69 meter.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

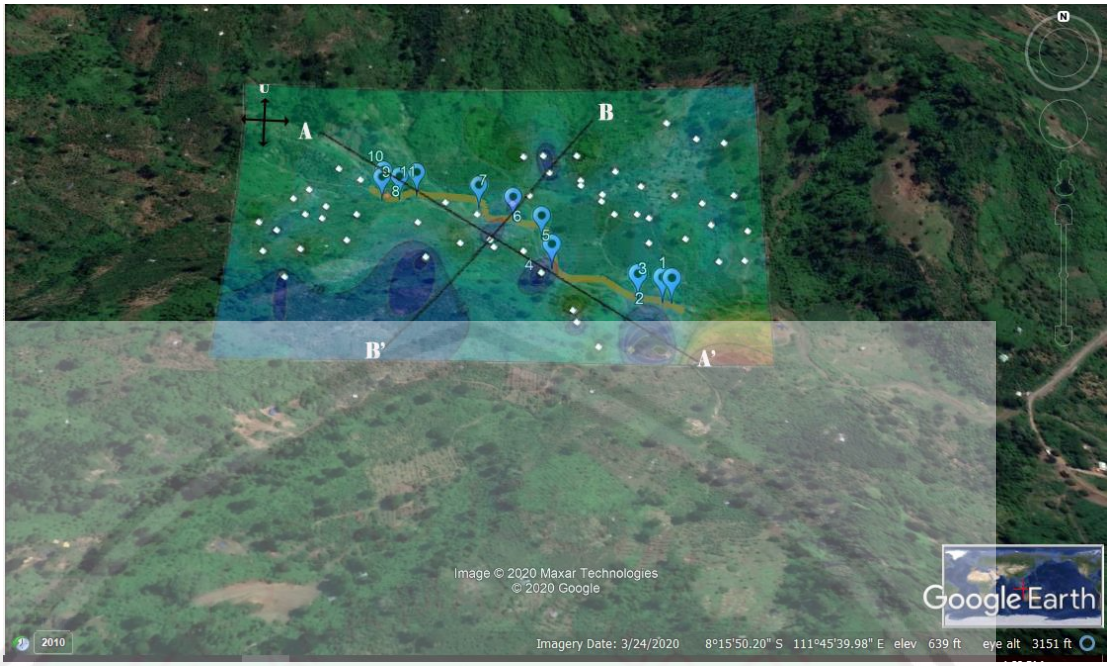


Gambar 4.2 Peta Kontur Topografi dan Titik Pengukuran Nilai *Self Potential*

4.3.1 Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif merupakan analisis dari peta kontur isopotensial (Gambar 4.1) dengan didukung sesuai dengan teori yang telah ada atau analisis dari keadaan area penelitian berupa peta kontur isopotensial yang dilakuan dengan cara melalui kajian pustaka terkait interpretasi metode *self potential* terhadap penelitian ini. Pada peta kontur isopotensial (Gambar 4.1) dapat dilihat sebaran anomali *self potential* yang termasuk dalam kategori rendah yaitu yang memilik nilai potensial negatif berada di daerah sekitar aliran sungai, arah tenggara, arah barat daya dan utara. Pola dari penampang peta kontur isopotensial memperlihatkan bahwa nilai anomali potensial yang semakin rendah ditunjukkan oleh peta kontur isopotensial berada pada arah tenggara.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.3 *Overlay* Kontur Isopotensial dengan Garis *Slice* A-A' dan *Slice* B-B' pada Area Penelitian (Google Earth, 2020)

Anomali *self potential* terjadi dikarenakan ada beberapa hal yang menyebabkannya, menurut (Tambunan, 1997) hal yang menyebabkan adanya anomali pada survei *self potential* pada penelitian ini adalah yang petama medium atau lapisan tanah dengan konsentrasi ion berbeda, seperti pada lapisan pasir dan lempung atau antara medium air tawar dan air asin. Penyebab kedua adalah perlapisan tanah dengan aliran zat cair berupa air tanah dimana pada air tanah terdapat banyak ion yang alirannya menghasilkan potensial pada permukaan tanah yang kemudian sering dikenal dengan *streaming potential* atau *electrokinetic potential*. Pada penyebab ketiga adalah medium yang di dalamnya terdapat senyawa sulfida (mineral) dalam hal ini batubara dengan proses elektrokimia didalamnya yang menghasilkan potensial dan dikenal dengan potensial mineralisasi. Anomali *self potential* yang muncul disebabkan adanya *streaming potential* atau *electroknetic potential* terjadi pada saat fluida melewati

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

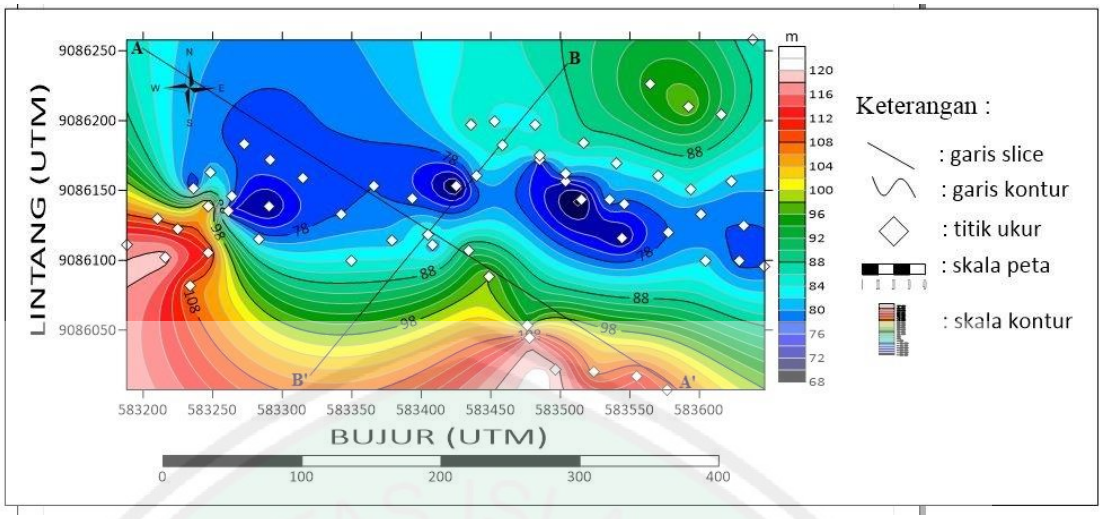
medium berpori terjadi pertukaran ion antara fluida dan partikel-partikel tanah, sehingga menghasilkan anomali *streaming potential* (Syahruddin dkk, 2011).

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada peta kontur isopotensial (Gambar 4.3 dan Gambar 4.4) diprediksikan bahwa batubara terkumpul pada area penelitian di arah tenggara dan sebaran terbanyaknya di arah barat daya.

4.3.2 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi dari anomali *self potential* secara kuantitatif digunakan untuk menentukan perkiraan keberadaan objek penelitian (batubara) berdasarkan kedalaman dan sudut polarisasinya. Penentuan perkiraan keberadaan objek penelitian dilakukan dengan membuat penampang melintang pada area yang memiliki anomali hal ini dapat dilihat pada (Gambar 4.4) kemudian didapat kedalaman dan sudut polarisasi objek tersebut. Penampang melintang tersebut akan didapatkan berupa kurva profil *self potential* yang kemudian dilakukan perhitungan perkiraan kedalaman objek penelitian (batubara) berdasarkan lintasan penampang melintang (Gambar 4.4). Kurva tersebut didapat dari hasil proses *slicing* data peta anomali *self potential* pada dua lintasan, yaitu *slice* A-A' dan *slice* B-B' yang dapat dilihat pada (Gambar 4.3 dan Gambar 4.4) penampang melintang berdasarkan kontur nilai anomali *self potential* dan topografi yang diperkirakan sebagai area akumulasi batubara di bawah permukaan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.4 Kontur Topografi dengan Garis *Slice* A-A' dan *Slice* B-B'

Pola sebaran nilai *self potential* dapat dilihat pada (Gambar 4.3) berupa kontur isopotensial area penelitian. Sebaran batubara diperkirakan berada di area arah tenggara dan barat daya yang memiliki nilai isopotensial rendah. Untuk memperkirakan posisi dan kedalaman sebaran batubara selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan teori *fixed position*, pemodelan yang digunakan pada penelitian ini adalah model bola. Model bola digunakan untuk memperkirakan posisi dan kedalaman sebaran batubara secara maksimal dibandingkan dengan model yang lain. Setelah melakukan model bola, posisi dan kedalaman akan diketahui perkiraan dari sebaran batubara di area penelitian.

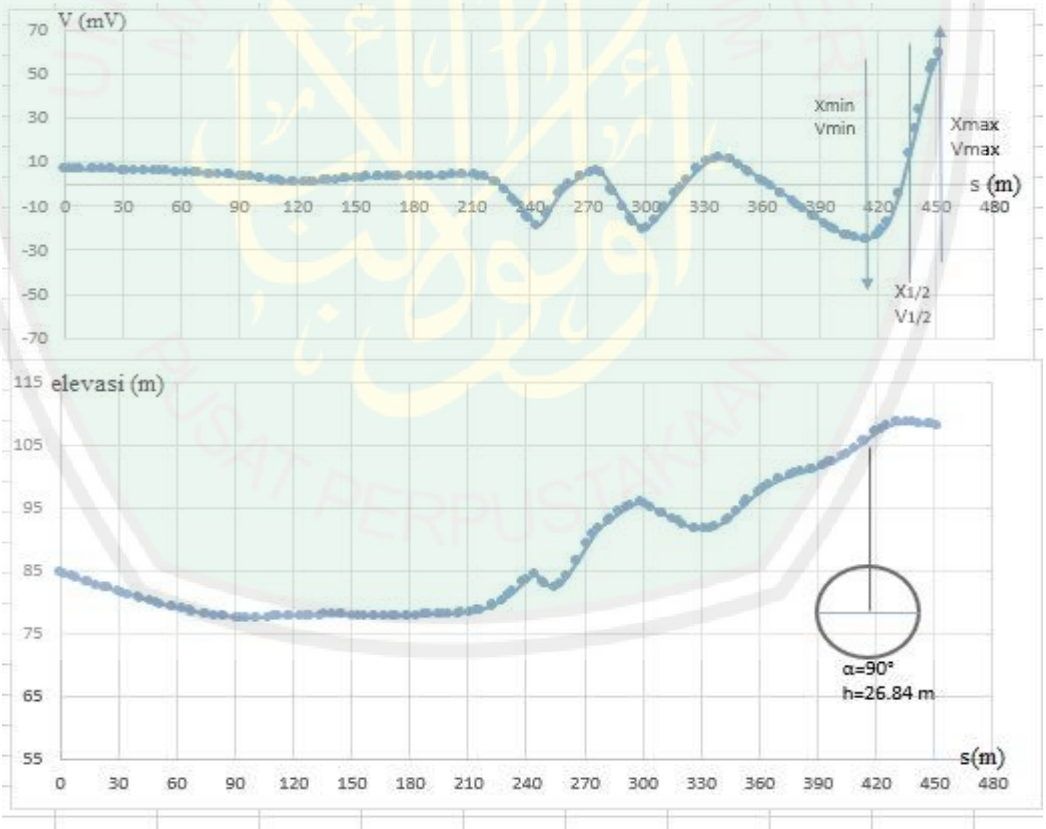
4.4 Pemodelan Anomali *Self Potential*

Penelitian ini menggunakan pemodelan bentuk bola, pemodelan ini digunakan untuk mengetahui perkiraan nilai kedalaman dan posisi objek penelitian (batubara) di bawah permukaan tanah berdasarkan nilai anomali self potential terendah. Pemodelan dibuat dalam dua bagian, yaitu pemodelan pada penampang melintang *slice* A-A' dan *slice* B-B'.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.4.1 Pemodelan Anomali *Self Potential* pada *Slice* A-A'

Pemodelan pada *slice* A-A' dilakukan berdasarkan penampang anomali *self potential* pada interpretasi kualitatif dan pola kontur pada *slice* A-A'. Pada *slice* A-A' secara melintang dari arah barat laut–tenggara terdapat pola anomali *self potential* positif dan negatif. Anomali positif terletak pada jarak 0 meter sampai 223 meter, jarak 266,4 meter sampai 275 meter, 321,3 meter sampai 361,7 meter, 436,5 meter sampai 452,1 meter. Anomali negatif terletak pada jarak 228 meter sampai 260,9 meter, 282,9 meter sampai 318,4 meter, 365,2 meter sampai 431,1 meter. Panjang *slice* A-A' sekitar 510 meter yang terdiri dari 17 titik akuisisi data anomali *self potential* yang berada antara -25 mV sampai 60 mV.



Gambar 4.5 Grafik Profil Penampang Nilai Anomali *Self Potential* dan *Slice* Topografi Model Bola pada *Slice* A-A'

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

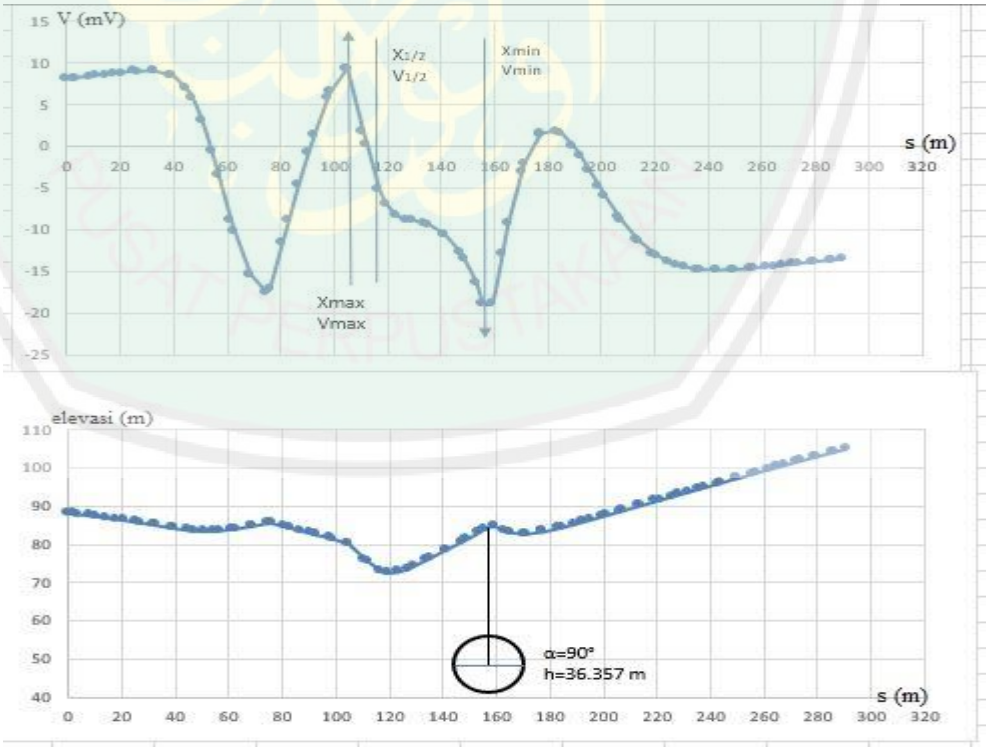
Tampilan profil penampang *slice* A-A' di atas (Gambar 4.5) menunjukkan arah profil yang tajam ke bawah pada titik ujung peta kontur isopotential. Berdasarkan profil tersebut mengindikasikan bahwa adanya sumber anomali yang dalam. Pemodelan yang dibuat pada penelitian ini diambil pada satu titik pengukuran yang memiliki nilai beda potensial cenderung paling rendah pada penampang melintang *slice* A-A'. Nilai potensial diri yang turun ditandai dengan profil penampang yang tajam dan mengindikasikan adanya tubuh mineral (batubara) dengan diperoleh nilai X_{min} = 414,56 m, X_{max} = 452,14 m, V_{max} = 60,08 mV, V_{min} = -25,04 mV, $V_{1/2}$ = 17,52 mV, $X_{1/2}$ = 435,53 m. Mengacu pada (Gambar 4.5) di atas dapat diasumsikan bahwa objek penelitian berupa sumber anomali dengan model bola diperoleh sudut kemiringan kedalamannya berada pada $\alpha = 90^{\circ}$ sehingga kedalaman objek penelitian diperkirakan berada di kedalaman (h) 26,84 meter.

4.4.2 Pemodelan Anomali *Self Potential* pada *Slice* B-B'

Pemodelan pada *slice* B-B' dilakukan berdasarkan penampang anomali *self potential* pada interpretasi kualitatif dan pola kontur pada *slice* B-B'. Pada *slice* B-B' secara melintang dari arah timur laut–barat daya terdapat pola anomali *self potential* positif dan negatif. Anomali positif terletak pada jarak 0 meter sampai 50,6 meter, 92,8 meter sampai 112,2 meter, 177,2 meter sampai 189,3 meter. Anomali negatif terletak pada jarak 54,2 meter sampai 90,4 meter, 116,9 meter sampai 171,2 meter, 192,0 meter sampai 290,5 meter. Panjang *slice* B-B' sekitar 300 meter yang terdiri dari 10 titik akuisisi data anomali *self potential* yang berada antara -18,86 mV sampai 9,31 mV.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tampilan profil penampang *slice* B-B' di atas (Gambar 4.6) menunjukkan arah profil yang tajam ke bawah. Berdasarkan profil tersebut mengindikasikan bahwa adanya sumber anomali yang dalam. Pemodelan yang dibuat pada penelitian ini diambil pada satu titik pengukuran yang memiliki nilai beda potensial cenderung paling rendah pada penampang melintang *slice* B-B'. Nilai potensial diri yang turun ditandai dengan profil penampang yang tajam dan mengindikasikan adanya tubuh mineral (batubara) dengan diperoleh nilai X_{min} = 155,75 m, X_{max} = 104,85 m, V_{max} = 9,32 mV, V_{min} = -18,86 mV, $V_{1/2}$ = -4,77 mV, $X_{1/2}$ = 116,58 m. Mengacu pada Gambar 4.6 di atas dapat diasumsikan bahwa objek penelitian berupa sumber anomali dengan model bola diperoleh sudut kemiringan kedalamannya berada pada $\alpha = 90^{\circ}$ sehingga kedalaman objek penelitian diperkirakan berada di kedalaman (h) 36,36 meter.



Gambar 4.6 Grafik Profil Penampang Nilai Anomali *Self Potential* dan *Slice* Topografi Model Bola pada *Slice* B-B'

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.5 Analisis Hasil Penelitian

Analisis data pada penelitian ini menggunakan parameter berupa parameter fisika hasil dari akuisisi data di area penelitian. Metode *self potential* (SP) adalah salah satu metode geofisika yang menggunakan prinsip kerja dengan mengukur tegangan statis alam (*static natural voltage*) yang berada pada titik-titik di permukaan tanah. Metode *self potential* ini didesain dengan menggunakan elektroda *porous pot* (pot berpori) sangat tepat untuk mengetahui persebaran mineral seperti batubara. Pengukuran dari metode *self potential* menghasilkan beda potensial diri pada setiap jarak elektroda *porous pot* berupa variasi nilai potensial diri pada daerah penelitian. Pada Penelitian ini menggunakan interpretasi kualitatif yaitu untuk mengetahui sebaran nilai potensial yang berada pada lokasi penelitian dan interpretasi kuantitatif menggunakan pendekatan pemodelan bola lokasi pendugaan tubuh mineral berada.

Pengukuran dalam penelitian ini terletak pada daerah prospek batubara Klatak, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung. Lokasi yang dipilih adalah area sekitar singkapan batubara sebagai manifetasi batubara Kabupaten Tulungagung. Luas area yang diteliti ± 500 x 300 meter. Jumah titik pengukuran data adalah 60 titik, dengan jarak antar titik pengukuran data 30 meter. Penelitian ini difokuskan untuk mendeteksi sebaran batubara di sekitar singkapan batubara dan area penelitian. Teknik pengukuran data pada metode *self potential* menggunakan teknik konfigurasi gradien potensial (*leap frog*). Teknik ini menggunakan dua elektroda *porous pot* dimana elektroda tersebut berselang seling atau melopat dari satu titik ke titik pengukuran berikutnya sesuai dengan lintasan yang telah dibuat.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan berupa peta kontur isopotensial yang dapat dilihat pada (Gambar 4.3) diperkirakan posisi akumulasi tubuh mineral (batubara) berada pada nilai anomali potensial rendah dengan nilai -25,04 mV sampai -0,11 mV yang terletak pada peta kontur isopotensial area arah tenggara. Secara interpretasi kuantitatif perkiraan posisi anomali *self potential* di bawah permukaan tanah ditunjukkan melalui pemodelan dari *fixed teory* model bola. Pada model bola *slice* A-A' sumber anomali isopotensialnya terdapat pada kedalaman 26,84 meter. Kemudian pada model bola *slice* B-B' sumber anomali isopotensialnya terdapat pada kedalaman 36,36 meter. Sehingga perkiraan posisi kedalaman sumber anomali isopotensial (batubara) berdasarkan pada peta kontur isopotensial dan *slice* (Gambar 4.3) pada area penelitian berada pada area penelitian pada sekitar titik akuisisi data arah tenggara dan sekitar titik akuisisi data arah timur laut.

Dari peta persebaran potensial daerah penelitian dapat diketahui struktur bawah permukaan berdasakan sifat resistifitas batuan dan konduktifitas batuan. Tingginya nilai potensial terukur berupa nilai negatif mengindikasikan bahwa batuan di daerah tersebut bersifat konduktif. Anomali dari batubara berdasarkan survei *self potential* ditunjukkan pada kisaran nilai beda potensial negatif hingga ratusan mV hal ini dapat dilihat pada keterangan tabel 2.1.

4.6 Batubara dalam Perspektif Agama Islam

Dalam kehidupan keseharian, kaum Muslim amat kental dengan kehidupan religius, istilah yang sering muncul antara lain *Khaliq* dan *makhluq*. Istilah ini mengikat terhadap keyakinan, keimanan seseorang dalam hidupnya sehingga kau Muslim mengimani bahwa segala yang *maujūd* di alam ini adalah ciptaan Allah

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

SWT. Maka siapa pun yang menolak atas keyakinan ini adalah kafir. Karena itu, Al-Qur'an menjelaskan secara rinci, mulai dari model dan penggunaan kosakata penciptaan, lama penciptaan, bahkan materi awal penciptaan (Hanafi, 2009).

Melalui penciptaan dengan prosesnya yang sedemikian rupa, maka sempurnalah alam ini yang manusia diamanahi untuk menjadi khalifah, mengatur, memelihara, memakmurkan, mengeksplorasi alam ini. Alam ini ditundukkan untuk umat manusia. Allah menggunakan kalimat *takhīr*. Alam yang amat lengkap untuk bekal kehidupan dan amat indah ini disediakan untuk mengkhidmah pada manusia; kepentingan manusia adalah segala-galanya yang sudah diserahkan alam. Alam diciptakan untuk ditafakkuri, diciptakan pula dengan *haq*, dan bukan kebatilan. Manusia tinggal di bumi untuk memanfaatkan alam dengan segala isinya untuk disyukuri juga (Hanafi, 2009).

Manusia yang telah diamanahi oleh Allah SWT wajib menjaga dan melestarikan alam ini dengan sebaik-baiknya. Namun, beberapa manusia ada yang taat pada aturan-Nya dengan menjaga alam ini ada pula sebagian manusia lainnya yang melakukan kerusakan. Kerusakan tersebut baik berupa *dhahir* maupun *bathin* dilakukan manusia terhadap alam ini. Al-Qur'an Surat Ar-Rum: 40 Allah ta'ala berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: *"Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)*" (QS. Ar-Rum: 40).

Menurut tafsir tematik tentang pelestarian lingkungan hidup kemenag, terkait dengan kerusakan di darat dan laut, terdapat beberapa pendapat ulama antara lain:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

banjir besar, musim paceklik, kekurangan air, kematian sia-sia, kebakaran, tenggelam, kezaliman, perilaku-perilaku sesat, gagal panen, krisis ekonomi. Adapun term-term lain yang memiliki makna kerusakan adalah *balak* dan *sa'a*. Term *balaka* dan seluruh kata jadiannya dalam Al-Qur'an seluruhnya ada 68 kali. Namun, yang terbanyak tidak menunjukkan kerusakan lingkungan. Dengan mengacu kepada penjelasasn Al-Asfahānī, term *balaka* bisa dibagi dalam empat kategori, yaitu (Hanafi, 2009):

a. Berarti hilangnya sesuatu dari diri seorang, menghabiskan harta benda, kerugian atau kemudaratan, kehancuran berupa kerusakan alam.
b. Berarti kematian atau meninggal dunia
c. Berarti *fanā'* atau lawan dari *baqā'*
d. Berarti kebinasaan dan kehancuran kolektif (makna seperti ini yang paling banyak).

Klarifikasi di atas menunjukkan bahwa term *balaka* memiliki arti kehancuran mengarah kepada kerusakan alam. Hal ini dapat dilihat dari firman Allah SWT dalam ayat lain sebagai berikut:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللّهُ لاَ يُحِبُّ الفَسَادَ ﴿٢٠٥﴾

Artinya: *"Dan apabila dia berpaling (dari engkau), dia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi, serta merusak tanam-tanaman dan ternak, sedang Allah tidak menyukai kerusakan"* (QS. Al-Baqarah: 205).

Ayat ini berkenaan dengan sifat orang-orang munafik, dimana mereka selalu berusaha menghancurkan sawah ladang kaum Muslim. Perilaku perusakan di sini memang bukan untuk memperkaya dirinya, namun terdorong oleh kebencian terhadap umat Muslim. Meski begitu, term *balaka* di sini yang berarti merusak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sawah ladang dan tanam-tanaman atas dasar kebencian, juga mencakup segala perbuatan yang tidak bermanfaat termasuk merusak lingkungan. Sehingga menurut Ar-Rāzī, jika perilaku merusak tersebut dilakukan oleh orang Islam, maka ia juga yang termasuk dikiritik oleh ayat ini, atau layat menyandak sifat munafik (Hanafi, 2009).

Dari penjelasan secara deskriptif tentang term-term *fasad*, *balaka*, dan ***sa'a***, bisa dijelaskan sebagai berikut; untuk term *fasad*, jika berbentuk masdar dan berdiri sendiri, maka menunjukkan kerusakan yang bersifat *bissi*/fisik, seperti banjir, pencemaran udara, dan lain-lain; dan jika berupa kata kerja *fi'il* atau berbentuk *masdar* namun sebelumnya ada kalimat *fi'il*, maka yang terbanyak adalah menunjukkan arti kerusakan yang bersifat non fisik/*ma'nawi*, seperti kafir, syirik, munafik dan semisalnya (Hanafi, 2009).

Dengan demikian, bisa dipahami bahwa kerusakan yang bersifat fisik pada hakikatnya merupakan akibat dari kerusakan non fisik atau mental. Argumentasiya, bahwa ayat-ayat yang bisa diidentifikasi sebagai yang menunjukkan makna kerusakan lingkungan juga tidak secara spesifik dinyatakan sebagai akibat langsung dari perilaku manusia, seperti *illegal logging*, pencemaran udara, dan lain-lain. Dari sini, bisa dilihat adanya korelasi positif antara kerusakan lingkungan dengan rusaknya sikap mental atau keyakinan yang menyimpang (Hanafi, 2009).

Jika demikian, kerusakan akidah yang dianggap sebagai sebab kerusakan lingkungan, mestinya bukan diukur dari benar atau salahnya akidah seseorang, akan tetapi diukur dari perilakunya. Atau bisa dipahami, bahwa perilaku menyimpang, merusak, dan tidak bermanfaat sebenarnya menjadi cerminan rusaknya mental seseorang. Makanya, Allah mendedikasikan untuk senantiasa menjaga bumi ini jika

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

perilaku penduduknya mencerminkan seorang *muslih*–sebagai antonym dari *mufsid*–yaitu senantiasa berusaha untuk mengembangkan kebajikan yang bersifat sosial. Dengan kata lain, memiliki dampak secara nyata dalam kehidupan kemanusiaan dan lingkungan hidup secara umum.

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi untuk eksplorasi batubara di area penelitian yang bertempat pada titik tertentu, sehingga apabila dilakukan penggalian batubara tidak memerlukan eksploitasi yang tidak perlu, berupa perusakan area sekitar penelitian. Sehingga apabila dilakukan eksploitasi tidak menentang aturan Allah SWT dan tidak merusak lingkungan. Karena batubara merupakan batuan yang memiliki karakteristik berada di bawah permukaan tanah yang cenderung subur.

Batubara merupakan sedimen organik yang terdiri dari kandungan bermacam-macam *pseudomineral*. Batubara terbentuk oleh sisa tumbuhan yang membusuk dan terkumpul di suatu tempat dengan kondisi berair banyak dan bisaa disebut rawa. Kondisi tersebut menghambat penguraian menyeluruh dari sisa-sisa tumbuhan, kemudian mengalami proses perubahan menjadi batubara (Sutarno, 2013).

Proses terbentuknya batubara terbagi dalam 2 teori, yaitu teori in-situ dan teori drift. Menurut teori in-situ, batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori in-situ bisaanya terjadi di hutan basahh dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna, dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

organik. Sedangkan pada teori drift menjelaskan bahwa batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan di tempat dimana batubara tersebut terbentuk. Batubara yang terbentuk sesuai dengan teori ini bisaanya terjadi di delta-delta yang mempunyai ciri-ciri lapisan batubara tipis, tidak menerus *(splitting)*, banyak lapisannya *(multiple seams)*, banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi). Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap, yaitu tahap biokimia (penggambutan) dan tahap geokimia (pembatubaraan) (Nasution, 2016).

Kedua teori tersebut menegaskan bahwa asal dari batubara adalah tumbuh-tumbuhan meskipun cara pembentukkannya yang berbeda. Dalam Al-Qur'an Surat Al-A'la ayat 4 sampai 5 menyatakan hal ini, sebagai berikut bunyi ayatnya:

الْمَرْعَى أَخْرَجَ وَالَّذِي أَحْوَى غُثَاء فَجَعَلَهُ ﴿٤﴾ ﴿٥﴾

Artinya: *"dan yang menumbuhkan tumbuhan (4) lalu dijadikan-Nya tumbuhan itu kering kehitam-hitaman (5)"* (QS. Al-A'la: 4-5).

Menurut Dr. Saiful Bahri, MA, yang menumbuhkan dan menghidupkan rumput basahh dan menjadikannya rizki serta makanan untuk binatang ternak. Dia juga yang sanggup mematikannya, mengubahnya dari segar dan basah menjadi kering kehitaman. Arti kata "Ghutsa" adalah kering sehingga mudah terbawa air ataupun tiupan angin dan "Ahwa" berarti hitam, dan tidak seperti aslinya yang berwarna hijau. Ibnu Manzhur mengatakan aslinya adalah hitam, dipakai untuk tumbuhan yang kering. Beliau menukil dari al-Jauhari bahwa "Ahwa" dipakai untuk warna hitam campuran karena warna aslinya tidak demikian. Az-Zamakhsyari menambahkan ia menjadi kering dan kemudian hancur (Bahri, 2010).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Menurut Saepulloh fosil merupakan sisa-sisa makhluk hidup (hewan dan tumuhan) yang telah mati dan terbenam di dasar bumi serta telah mengalami pelpukan. Proses pelapukan ini telah mengubah struktur sisa-sisa makhluk hidup tersebut, baik melalui proses biokimia (kimia), maupun biomekanik (fisika) menjadi bentuk baru dengan komposisi kimia yang relatif berbeda dari struktur semula (Saepulloh, 2018).

Sedimentasi organik dari sisa-sisa tumbuhan purba (berfotosintesis) lambat laun akan berubah menjadi batuan-batuan dengan komposisi yang berbeda. Batuan sedimen yang mengandung zat karbon (C) kebanyakan terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang melapuk (dari zaman *carboniferus*). Contoh dari batuan ini adalah batubara yang mempunyai nilai ekonomi tinggi sebagai bahan bakar yang bermanfaat (Saepulloh, 2018).

Manusia dapat memanfaatkan bahan bakar yang berasal dari tumbuhan, baik itu berupa daun kering, kayu bahkan fosil dari tumbuhan tersebut berupa batubara. Dalam Al-Qur'an Surat Yaasiin: 80 Allah ta'ala berfirman:

﴿٨٠﴾ تُوقِدُونَ مِّنْهُ أَنتُم فَإِذَا نَارا الْأَخْضَرِ لشَّجَرِ مِّنَ لَكُم جَعَلَ الَّذِي

Artinya: *"yaitu (Allah SWT) yang mennjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu"* (Q.S. Yaasiin: 80).

HAMKA, menjelaskan tentang QS. Yaasiin ayat 80 bahwa selain dari kekuasaan Allah SWT menghidupkan tulang belulang yang lapuk setelah terpendam sekian ribu tahun lamanya, kekuasaan Allah SWT juga menimbulan api untuk manusia dari pohon kayu yang hijau seperti pohon tusam dan pinus yang mengandung minyak yang dapat dinyalakan. Selain itu beliau juga berpendapat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

bahwa boleh jadi yang dimaksud ayat tersebut adalah batubara berdasarkan keterangan ahli-ahli (Saepulloh, 2018).

Batubara yang tersimpan dalam bumi yang sekarang banyak digali orang untuk menghidupkan mesin-mesin dan bahan bakar adalah lanjutan atau proses alamiah yang telah berlaku jutaan tahun yang berasal dari poon-pohon kayu besar di zaman purbakala. Pohon-pohon besar tersebut terbenam ke balik bumi dan tertimbun lalu dimasak oleh panas matahari dan bumi sehingga berangsur-angsur menjadi batubara. Kelanjutan ayat *"... maka tiba-tiba kamu meyalakan api daripadanya ..."* yaitu meyalakan api dari pohon besar hijau yang telah berubah menjadai baubara melalui proses tersebut (tafsir al-Azhar, juz 23, hal: 102-103) dalam (Saepulloh, 2018).

Pemanfaatan sumberdaya alam seperti batubara di dalam ajaran agama Islam diperbolehkan berdasarkan tafsir tematik tentang pelestarian lingkungan hidup dengan syarat-syarat tertentu, berupa parameter-parameter yang tidak bertentangan dengan aturan Allah SWT. Eksplorasi yang dilakukan dapat dengan melakuan cara yang baik dengan tujuan untuk mensyukuri nikmat-Nya sekaligus untuk kemaslahatan umat.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa pada Bab IV dimana semua data telah diperoleh dari area penelitian dan diolah menggunakan *software* Surfer 13 maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran batubara dapat diidentifikasikan menggunakan metode *self potential* (SP). Sebaran batubara yang diperoleh berdasarkan nilai beda potensialnya dalam peta isopotensial pada area penelitian memiliki nilai yang cenderung rendah, yaitu berkisar nilai -25,04 mV sampai -0,11 mV. Nilai potensial yang rendah diduga terdapat adanya batubara dan terletak pada tengah area penelitian yaitu mengarah dari tenggara ke barat laut. Kemudian perkiraan kedalaman sebaran batubara pada penelitian ini dibuat dalam bentuk pemodelan model bola.
2. Berdasarkan hasil *slicing* data pada peta kontur isopotensial dan peta kontur topografi yang kemudian dibuat pemodelan bentuk model bola didapatkan hasil nilai potensial diri yang paling rendah memiliki perkiraan kedalaman batubara berkisar 26,84 meter pada lintasan *slice* A-A' dan 36,36 meter lintasan *slice* B-B'.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5.2 Saran

Pada daerah di luar area penelitian beberapa titik perlu dilakukan pengukuran data menggunakan metode *self potential* atau metode geofisika lainnya dikarenakan menurut informasi terbaru ditemukan singkapan batubara di beberapa titik di luar area penelitian.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an Al Karim. 2016. *Mushaf Al-Kamil Al-Qur'an dan Terjemahannyya disertai Tema Penjelasan Kandungan Ayat*. Jakarta Timur: CV Darus Sunnah. Cetakan ke 6.

Andrini, Nita. 2014. *Pendugaan Sebaran Mata Air Panas Menggunakan Survei Self Potential (Studi Kasus di Daerah Sumber Air Panas Desa Lombang Kecamatan Batang-Batang Kabupaten Sumenep*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Anonymous. 2015. *Buku Panduan Geophysiscs Expedition*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Bahri, Saiful. 2010. *Keberuntungan dari Generasi ke Generasi*. https://saifulelsaba.wordpress.com/2010/04/19/tadabbur-surat-al-ala-87/ (diakses tanggal 12 Mei 2020).

Bogoslovsky, V.A. & Ogily A.A. 1972. *The Study of Streaming Potentials on Fissured Media Models.* Geophys Peopecting, no.51, p.109-117.

Febriani, S.D.A., dan Daniyati, Risqa. 2017. *Interpretasi Persebaran Mineral Pasir Besi Menggunakan Metode SP (self potential) di Desa Kepanjen*. Jurnal Ristekdikti Seminar Hasil Penelitian 2017. Program Studi Teknik Energi Terbarukan Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember. siti_diahpolije.co.id dan cza_rizqa@gmail.com.

Google Earth. 2017. (Diakses pada tanggal 1 November 2017). http://www.google.co.id/intl/id/earth.

Google Earth. 2020. (Diakses pada tanggal 20 Juni 2010). http://www.google.co.id/intl/id/earth.

Ghofffar, M. Abdul dan Harun, M. Yusuf (Penerjemah). 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5 Cetakan Pertama*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafii.

Ghofffar, M. Abdul dan Harun, M. Yusuf (Penerjemah). 2005. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 8 Cetakan Pertama*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafii.

Hanafi, Muchlis Muhammad dkk. 2009. *Tafsir Al-Qur'an Tematik Pelestarian Lingkungan Hidup*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Departemen Agama RI.

Harjono, Hery dkk. 2010. *Tafsir Ilmi Penciptaan Bumi Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Departemen Agama RI.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hartyanto, Edy. 2013. *Materi Kuliah Induced Polarization*. Geofisika UGM.

Indriana, R.D., Nurwidyanto, M.I. dan Haryono, K.W. 2007. *Interpretasi Bawah Permukaan dengan Metode Self Potential Daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan*. Berkala Fisika, vol.10, no.3, p.155-167.

Indriawan, Burhan, dkk,. 2013. *Pemetaan Permukaan Bawah Tanah di Taman Perpustakaan Universitas Negeri Malang dengan Metode Geolistrik Potensial Diri.* Universitas Negeri Malang, ferum.mahendra@gmail.com.

Maulana, Yusuf. 2003. *Analisa Kuantitatif Cadangan Panas Bumi dengan Metode Potensial Diri di Danau Ranau.* Jurnal Rekaya Sriwijaya No.2 Vol.8.

Nahrowi, T.Y., Suratman, S. Namida dan S. Hidayat. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur PIT LX*. Bandung: Ikatan Ahli Geologi Indonesia.

Nasution. 2016. *Asal-Usul Batu Bara Dalam Al-Qur'an*. https://hawasi.uii.ac.id/2016/03/05/asal-usul-batu-bara-dalam-al-quran/ (diakses tanggal 11 Mei 2020).

Nuha, Dafiqiy Y. U,. 2018. *Penyelidikan Sistem Hidrotermal Daerah Cangar Komplek Arjuno-Welirang, Jawa Timur dengan Menggunakan Metode Self Potential dan Penginderaan Jauh*. Malang: Universitas Brawijaya.

Reynolds, John. 1997. *An Introductions to Applied and Enviromental Geophysics*. Singapore: John Willey and Sons.

Saepulloh. 2018. *Analisis Sains terhadap Pendapat Beberapa Mufasir Dalam Menjelaskan QS. Yaasiin Ayat 80 tentang Bahan Bakar*. Jurnal Thoriqotuna, vol. 1 no. 1 p.10-15.

Sehah dan Raharjo, S.A. 2011. *Survei Metode Self Potential Menggunakan Elektroda Pot Berpori untuk Mendeteksi Aliran Fluida Panas Bawah Permukaan di Kawasan Baturaden Kabupaten Banyumas Jawa Tengah*. Jurnal Fisika FLUX. vol. 8 no. 1 p.7-21.

Sharma, P.V., 1997, *Environmental and Engineering Geophysics,* United Kingdom: Cambridge University Press.

Sudarmojo, A. H., 2008, *Menyibak Rahasia Sains Bumi dalam Al-Qur'an*, Bandung: Mizan, Cet. 1.

Suharsono, Samodra, H., S. Gafoer dan T. Suwarti. 1992. *Geologi Lembar Tulungagung, Jawa.* Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sutarno. 2013. *Sumber Daya Energi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Syahruddin. M.H., Lantu dan Syamsuddin. 2011. *Penentuan Laju Perembesan Air Dalam Media Bepori Menggunakan Metoda Geolistrik Daerah Resapan Air Kampus Unhas Tamalanrea Makasar*. Makasar: FMIPA Universitas Hasanuddin.

Taylor G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P. 1998. *Organic Petrology*. Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.

Telford, W.M. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Data Pengukuran Pada Base

Tanggal	No	Waktu	Potensial (mV)			Rata-rata (mV)	Variasi Harian
			1	2	3		
11/11/2017	1	9.37	-0.50	-0.40	-0.50	-0.47	0.00
	2	09.54	0.90	1.00	0.90	0.93	1.40
	3	10.05	1.50	1.70	2.00	1.73	2.20
	4	10.16	1.90	1.80	1.90	1.87	2.33
	5	10.25	1.90	2.00	1.90	1.93	2.40
	6	10.36	2.10	2.10	2.10	2.10	2.57
	7	10.47	2.20	2.20	2.30	2.23	2.70
	8	11.09	2.30	2.30	2.30	2.30	2.77
	9	11.15	2.10	2.10	2.10	2.10	2.57
	10	11.21	2.10	2.10	2.10	2.10	2.57
	11	11.28	2.10	2.10	2.10	2.10	2.57
	12	11.42	2.20	2.10	2.10	2.13	2.60
	13	11.48	2.10	2.20	2.10	2.13	2.60
	14	11.59	2.30	2.30	2.20	2.27	2.73
	15	12.06	2.20	2.20	2.20	2.20	2.67
	16	12.14	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.03
	17	12.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
	18	12.33	0.20	0.20	0.20	0.20	0.67
	19	13.34	1.30	1.30	1.40	1.33	1.80
	20	13.39	1.20	1.30	1.40	1.30	1.77
	21	13.46	0.90	1.30	1.50	1.23	1.70
	22	13.52	3.30	3.00	1.90	2.73	3.20
	23	13.58	1.50	1.60	-2.90	0.07	0.53
	24	14.07	1.80	1.70	1.80	1.77	2.23
	25	14.16	1.90	1.90	1.90	1.90	2.37
	26	14.28	2.00	2.10	2.00	2.03	2.50
	27	14.34	2.10	2.00	2.00	2.03	2.50
	28	14.43	1.90	1.90	1.90	1.90	2.37
	29	14.53	1.90	1.90	1.90	1.90	2.37
11/12/2017	30	10.14	6.76	6.71	6.65	6.71	0.00
	31	10.19	5.65	5.61	5.57	5.61	-1.10
	32	10.25	4.80	4.72	4.62	4.71	-1.99
	33	10.37	3.25	3.24	3.26	3.25	-3.46
	34	10.40	4.08	4.07	4.01	4.05	-2.65
	35	10.43	6.48	6.28	6.16	6.31	-0.40
	36	10.47	3.88	3.70	3.66	3.75	-2.96
	37	10.53	0.91	0.90	0.89	0.90	-5.81
	38	10.55	0.54	0.55	0.53	0.54	-6.17

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

	39	11.00	3.14	3.07	3.16	3.12	-3.58
	40	11.02	1.46	1.42	1.41	1.43	-5.28
	41	11.10	0.70	0.69	0.70	0.70	-6.01
	42	11.17	0.37	0.33	0.32	0.34	-6.37
	43	11.23	1.26	1.27	1.28	1.27	-5.44
	44	11.27	1.24	1.23	1.29	1.25	-5.45
	45	11.37	1.48	1.47	1.46	1.47	-5.24
	46	11.42	1.52	1.51	1.42	1.48	-5.22
	47	11.46	0.92	0.91	0.89	0.91	-5.80
	48	11.49	0.71	0.70	0.73	0.71	-5.99
	49	11.56	1.24	1.25	1.29	1.26	-5.45
	50	12.03	1.62	1.61	1.60	1.61	-5.10
	51	12.10	0.77	0.76	0.75	0.76	-5.95
	52	12.15	0.21	0.20	0.19	0.20	-6.51
	53	12.19	0.93	0.92	0.91	0.92	-5.79
	54	13.34	-1.43	-1.44	-1.45	-1.44	-8.15
	55	13.38	-1.60	-1.60	-1.63	-1.61	-8.32
	56	13.46	-1.58	-1.58	-1.57	-1.58	-8.28
	57	13.48	-1.01	-1.05	-1.24	-1.10	-7.81
	58	13.50	-7.08	-7.07	-7.15	-7.10	-13.81
	59	13.54	-8.01	-7.97	-7.97	-7.98	-14.69
	60	13.59	-8.16	-8.17	-8.17	-8.17	-14.87

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Data Pengukuran Pada Rover

Tanggal	No	Waktu	Potensial (mv)			Lintang Selatan	Bujur Timur	UTM Lintang (x)	UTM Bujur (y)	Zona	Ketinggian (m)	Jarak (m)	Rata-Rata Potensial (mV)	Terkoreksi Harian (mV)	Terkoreksi Leap Frog (mV)	Streaming Potential (mV)	Isopotential (mV)
			1	2	3										0		
11/11/2017	1	09.37	4.22	4.17	4.14	8°15,991'	111°45,363'	593640.522746370	9057528.04817006	49	75	30	4.18	4.18	4.18	-2.3097	6.49
	2	09.54	3.42	3.41	-1.8	8°16,000'	111°45,377'	594130.842200067	9086120.58910559	49	74	60	1.68	0.28	-3.90	-2.0187	-1.88
	3	10.05	0.13	0.09	0.06	8°16,011'	111°45,389'	594497.249462044	9085781.96270764	49	80	90	0.09	-2.11	1.79	-1.7277	3.52
	4	10.16	4.64	4.62	4.61	8°15,998'	111°45,393'	594557.263135535	9057311.02874285	49	72	120	4.62	2.29	0.50	-1.4367	1.94
	5	10.25	3.46	3.47	3.48	8°15,994'	111°45,378'	594098.927852188	9057434.89748713	49	79	150	3.47	1.07	0.57	-1.1457	1.72
	6	10.36	1.18	1.23	1.22	8°15,985'	111°45,370'	593854.951195058	9057711.85352156	49	82	180	1.21	-1.36	-1.93	-0.8547	-1.07
	7	10.48	2.97	2.96	2.97	8°15,974'	111°45,383'	594253.158147328	9058048.81624095	49	77	210	2.97	0.27	2.19	-0.5637	2.76
	8	11.09	0.89	1.22	1.28	8°15,980'	111°45,393'	594558.492088557	9057863.86076211	49	78	240	1.13	-1.64	-3.83	-0.2727	-3.56
	9	11.15	0.44	0.39	0.39	8°15,987'	111°45,406'	594955.472896640	9057647.98513173	49	78	270	0.41	-2.16	1.67	0.0183	1.65
	10	11.21	4.54	4.55	4.64	8°16,001'	111°45,421'	595476.908806389	9086086.96847623	49	78	300	4.58	2.01	0.34	0.3093	0.03
	11	11.28	6.94	6.93	6.92	8°15,990'	111°45,434'	595413.866878160	9057554.82015101	49	78	330	6.93	4.36	4.02	0.6003	3.42
	12	11.42	7.26	7.27	7.29	8°15,995'	111°45,449'	596269.589431927	9057399.32611077	49	77	360	7.27	4.67	0.65	0.8913	-0.24
	13	11.48	-7.47	-7.23	-7	8°16,990'	111°45,466'	596785.493372072	9055708.92787566	49	69	390	-7.24	-9.84	-10.49	1.1823	-11.67
	14	11.59	4.63	4.60	4.60	8°15,986'	111°45,474'	597034.571000161	9057674.00657707	49	81	420	4.61	1.88	12.36	1.4733	10.89
	15	12.06	-1.79	-1.80	-1.8	8°15,974'	111°45,484'	597341.145920302	9058041.86507663	49	86	450	-1.79	-4.46	-16.82	1.7643	-18.59
	16	12.14	4.06	4.09	4.08	8°15,966'	111°45,472'	596974.817877356	9058288.40720023	49	87	480	4.08	4.11	20.93	2.0553	18.88
	17	12.22	-1.73	-1.73	-1.7	8°15,965'	111°45,481'	597250.058245372	9058318.49242973	49	83	510	-1.73	-2.20	-23.13	2.3463	-25.48
	18	12.33	-2.31	-2.22	-2.1	8°15,966'	111°45,497'	597739.186108179	9058286.65902550	49	83	540	-2.20	-2.87	20.26	2.6373	17.63
	19	13.34	1.50	1.50	1.53	8°16,019'	111°45,425'	595598.089969414	9085533.87573884	49	84	570	1.51	-0.29	-20.55	2.9283	-23.48
	20	13.39	1.28	1.26	1.32	8°16,011'	111°45,441'	596088.121962962	9085778.50680642	49	81	600	1.29	-0.48	20.07	3.2193	16.85
	21	13.45	2.42	2.41	2.38	8°16,009'	111°45,455'	596516.572479945	9085838.99171738	49	86	630	2.40	0.70	-19.37	3.5103	-22.88
	22	13.52	-2.73	-2.72	-2.80	8°16,015'	111°45,471'	597005.663160155	9085653.63608582	49	91	660	-2.75	-5.95	13.42	3.8013	9.62
	23	13.58	-9.30	-9.36	-9.4	8°16,025'	111°45,479'	597249.741360748	9085345.96710882	49	98	690	-9.34	-9.88	-23.30	4.0923	-27.39
	24	14.07	15.7	15.7	15.7	8°16,044'	111°45,494'	597707.337983852	9084761.40491430	49	95	720	15.70	13.47	36.77	4.3833	32.38
	25	14.16	19.5	19.52	19.5	8°16,049'	111°45,495'	597737.591128845	9084607.77296423	49	116.7	750	19.52	17.15	-19.61	4.6743	-24.29
	26	14.28	4.15	4.13	4.10	8°16,061'	111°45,505'	598042.700287674	9084238.53621257	49	119.3	780	4.13	1.63	21.24	4.9653	16.27
	27	14.34	3.24	3.23	3.22	8°16,062'	111°45,520'	598501.517929138	9084206.79361044	49	107	810	3.23	0.73	-20.51	5.2563	-25.77
	28	14.43	-45.6	-45.6	-46	8°16,064'	111°45,537'	599021.467777290	9084144.19501937	49	111.8	840	-45.60	-47.97	-27.46	5.5473	-33.00
	29	14.53	47.4	47.38	47.4	8°16,069'	111°45,549'	599388.230817854	9083989.79892624	49	109.5	870	47.38	45.01	72.47	5.8383	66.63
12/11/2017	30	10.14	-0.40	-0.40	-0.40	8°15,980'	111°45,499'	597799.340910959	9057856.53497358	49	75	30	-0.40	-2.80	-75.27	1.0963	-76.37
	31	10.19	5.10	5.10	5.10	8°15,988'	111°45,509'	598104.518941632	9057610.12599852	49	74	60	5.10	2.53	77.80	1.2223	76.58
	32	10.25	4.20	4.10	4.20	8°15,995'	111°45,526'	598623.777195038	9057393.93175257	49	80	90	4.17	1.47	-76.34	1.3483	-77.68
	33	10.37	-4.20	-4.50	-4.50	8°16,010'	111°45,531'	598841.646798086	9085803.10186489	49	72	120	-4.40	-7.17	69.17	1.4743	67.70
	34	10.40	-1.30	-1.30	-1.30	8°16,013'	111°45,457'	596577.483746446	9085716.00651568	49	79	150	-1.30	-3.87	-73.04	1.6003	-74.64
	35	10.43	-2.30	-2.10	-2.10	8°16,019'	111°45,564'	599850.626832231	9085524.39948849	49	82	180	-2.17	-4.73	68.30	1.7263	66.58
	36	10.47	1.10	1.10	1.00	8°16,019'	111°45,577'	600248.347207163	9085523.49212938	49	77	210	1.07	-1.50	-69.80	1.8523	-71.66
	37	10.53	-0.60	-0.60	-0.60	8°16,021'	111°45,587'	600554.148758547	9085461.36577431	49	78	240	-0.60	-3.20	66.60	1.9783	64.63

UNIVERSITY OF PADJADJARAN LIBRARY

	38	10.55	1.50	1.50	1.50	8˚16,005'	111˚45,579'	600310.512338847	9085953.33294837	49	78	270	1.50	-1.10
	39	11.00	-3.10	-3.10	-3.10	8˚16,001'	111˚45,562'	599790.691607067	9086077.37054116	49	78	300	-3.10	-5.83
	40	11.02	-4.20	-4.20	-4.20	8˚16,008'	111˚45,549'	599392.479642396	9085863.28323531	49	78	330	-4.20	-6.87
	41	11.10	-1.00	-1.00	-0.90	8˚15,997'	111˚45,532'	598807.081800963	9057332.07959444	49	77	360	-0.97	-0.93
	42	11.17	-0.50	-0.50	-0.50	8˚15,995'	111˚45,515'	598287.470144289	9057394.71034201	49	69	390	-0.50	-0.97
	43	11.23	-3.00	-3.10	-3.00	8˚15,985'	111˚45,509'	598104.731434637	9057702.26539029	49	81	420	-3.03	-3.70
	44	11.27	0.50	0.50	0.50	8˚15,978'	111˚45,499'	597799.482096972	9057917.96114696	49	86	450	0.50	-1.30
	45	11.37	13.20	13.50	13.60	8˚15,973'	111˚45,516'	598319.597053344	9058070.32914079	49	87	480	13.43	11.67
	46	11.42	-1.70	-1.70	-1.60	8˚15,981'	111˚45,529'	598716.493211037	9057823.70360074	49	83	510	-1.67	-3.37
	47	11.46	0.20	0.10	0.10	8˚15,986'	111˚45,545'	599205.329553224	9057668.99964752	49	83	540	0.13	-3.07
	48	11.49	-0.70	-0.70	-0.70	8˚15,991'	111˚45,558'	599602.433241616	9057514.50460446	49	84	570	-0.70	-1.23
	49	11.56	1.70	1.70	1.70	8˚15,988'	111˚45,574'	600091.831002997	9057605.49618535	49	81	600	1.70	-0.53
	50	12.03	-2.70	-2.70	-2.70	8˚15,933'	111˚45,582'	600340.414239667	9059294.15113748	49	86	630	-2.70	-5.07
	51	12.10	0.10	0.10	0.10	8˚15,962'	111˚45,570'	599971.411378183	9058404.32890942	49	91	660	0.10	-2.40
	52	12.15	-1.60	-1.60	-1.60	8˚15,959'	111˚45,557'	599574.156354392	9058497.40007451	49	98	690	-1.60	-4.10
	53	12.19	-1.40	-1.40	-1.40	8˚15,950'	111˚45,542'	599116.185306915	9058774.88896325	49	95	720	-1.40	-3.77
	54	13.34	1.50	1.50	1.50	8˚16,0'13	111˚45,337'	592906.241646759	9085723.93610515	49	116.7	750	1.50	-0.87
	55	13.38	5.40	5.30	5.30	8˚16,018'	111˚45,352'	593364.822465933	9085569.39961241	49	119.3	780	5.33	5.33
	56	13.46	-5.80	-5.70	-5.70	8˚16,029'	111˚45,362'	593670.038425837	9085230.91044928	49	107	810	-5.73	-5.73
	57	13.48	0.30	0.30	0.30	8˚16,016'	111˚45,369'	593885.041505942	9085629.71427668	49	111.8	840	0.30	0.30
	58	13.50	-2.90	-2.90	-2.90	8˚16,007'	111˚45,357'	593518.511534357	9085906.91042482	49	109.5	870	-2.90	-2.90
	59	13.54	-4.50	-4.70	-4.60	8˚16,003'	111˚45,349'	593274.014138613	9086030.28107765	49	107.7	900	-4.60	-4.60
	60	13.59	3.14	3.12	3.11	8˚15,998'	111˚45,369'	593824.171713618	9057619.78249210	49	108	930	3.12	3.12

UNIVERSITY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC
LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF M

3. Data dan Perhitungan Model Bola pada *Slice* A-A

Jarak (m)	Potensial (mV)
0	6.468910406
3.041119416	6.492612567
6.330920536	6.50848147
8.528051072	6.518165332
14.01498273	6.522850742
14.99887405	6.520283529
19.50191438	6.504150737
23.66682755	6.471192337
24.98884604	6.458921894
30.47577769	6.384773872
32.33478106	6.351829092
35.96270935	6.279397199
41.00273456	6.154333285
41.449641	6.141965247
46.93657266	5.97028467
49.67068807	5.873812469
52.42350431	5.766366282
57.91043597	5.533022406
58.33864158	5.514071356
63.39736762	5.269239138
67.00659509	5.086235442
68.88429928	4.983289551
74.37123093	4.675067291
75.67454859	4.599419496
79.85816259	4.341766056
84.3425021	4.044664207
85.34509424	3.974687076
90.8320259	3.548580708
93.01045561	3.358944456
96.31895755	3.034577555
101.6784091	2.450037783
101.8058892	2.433630051
107.2928209	1.772387395
110.3463626	1.469739133
112.7797525	1.191739675
118.2666842	0.824600788
119.0143161	0.807438884
123.7536158	0.755835075
127.6822696	0.885840714
129.2405475	0.977511125
134.7274791	1.388958823
136.3502231	1.514161793
140.2144108	1.87936016
145.0181766	2.267615106
145.7013424	2.327644702
151.1882741	2.697852295
153.6861302	2.823964152

Parameter Model Bola	
Vmax	60.07757
Vmin	-25.0361
V1/2	17.52071
Xmax	452.1421
Xmin	414.561
2a	37.58115
a	18.79058
X1/2	435.5325
Xmax-X1/2	16.60965
Xmin-X1/2	20.9715
a/(Xmax-X1/2)	1.131305
a/(Xmin-X1/2)	0.896005
alfa	90
a/h	0.7
h	26.84368

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

156.6752058	2.959319358
162.1621374	3.141015347
162.3540837	3.145929881
167.6490691	3.258353697
171.0220372	3.308737706
173.1360007	3.336793553
178.6229324	3.384680378
179.6899907	3.384212339
184.109864	3.417643655
188.3579442	3.428285469
189.5967957	3.457679089
195.0837273	3.622331941
197.0258977	3.707794721
200.570659	3.943934846
205.6938512	4.136147367
206.0575907	4.1611093
211.5445223	4.045362462
214.3618047	3.560281954
217.031454	3.126077507
222.5183856	0.8268194
223.0297582	0.492503035
228.0053173	-3.049530423
231.6977117	-6.633251705
233.4922489	-8.51943019
238.9791806	-14.94619218
240.3656652	-15.96517428
244.4661122	-18.95226667
249.0336187	-14.13999903
249.9530439	-12.12312316
255.4399756	-4.593812359
257.7015722	-2.45787347
260.9269072	-0.10787925
266.3695257	3.436519519
266.4138389	3.452835916
271.9007705	5.546512906
275.0374793	5.917206864
277.3877022	4.789925142
282.8746338	-2.454887102
283.7054328	-3.623852498
288.3615655	-10.439268
292.3733863	-15.67698927
293.8484971	-17.75840823
299.3354288	-20.48293121
301.0413398	-19.85330883
304.8223604	-16.22380425

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

309.7092933	-11.34856531
310.3092921	-10.59541596
315.7962238	-4.372584528
318.3772468	-1.793421965
321.2831554	1.439092451
326.7700871	6.444173731
327.0452003	6.627204795
332.2570187	10.22479935
335.7131538	11.36264829
337.7439504	11.84493682
343.230882	11.17010274
344.3811073	10.80447111
348.7178137	8.583528471
353.0490608	6.155172393
354.2047453	5.349152321
359.691677	1.957945158
361.7170143	0.793889308
365.1786087	-1.272575315
370.3849678	-4.310633844
370.6655403	-4.47534195
376.152472	-7.803188339
379.0529213	-9.599961997
381.6394036	-11.3018105
387.1263353	-14.86073631
387.7208748	-15.20630898
392.6132669	-18.26282253
396.3888283	-20.24212348
398.1001986	-21.18017539
403.5871302	-23.41407293
405.0567819	-23.76106882
409.0740619	-24.77384112
413.7247354	-24.96642806
414.5609935	-25.03614285
420.0479252	-23.39313045
422.3926889	-20.99754935
425.5348569	-17.24458133
431.0217885	-4.232683136
431.0606424	-4.124533041
436.5087202	14.18139917
439.7285959	25.19546475
441.9956518	33.92519961
447.4825835	52.41276205
448.3965494	54.24571436
452.1421461	60.07756713

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4. Data dan Perhitungan Model Bola pada *Slice* B-B'

Jarak (m)	Potensial (mV)
0	8.055942707
2.358792792	8.157803068
3.353835785	8.207071308
8.387552736	8.39273328
10.61071474	8.505701937
14.41631268	8.616926975
17.8675937	8.791634283
20.44507262	8.824574697
25.12447266	9.02136933
26.47383257	8.98776355
32.38135162	9.03971914
32.50259251	9.026400315
38.53135246	8.529128334
39.63823058	8.492022333
44.5601124	6.899500105
46.89510953	5.881693031
50.58887234	3.044496075
54.15198849	-0.578073923
56.61763229	-3.334530798
61.40886745	-8.859268408
62.64639223	-10.09684469
68.66574641	-15.34196598
68.67515218	-15.34532834
74.70391212	-17.47031774
75.92262537	-17.05882163
80.73267206	-11.48456408
83.17950432	-8.751369169
86.76143201	-4.536822227
90.43638328	-0.746174712
92.79019195	1.485686909
97.69326224	5.886776741
98.8189519	6.583096181
104.8477118	9.316391825
104.9501412	9.263098151
110.8764718	1.750092604
112.2070202	0.320689951
116.9052317	-5.150856167
119.4638991	-6.904861794
122.9339917	-8.158392615
126.7207781	-8.880061065
128.9627516	-8.846350187
133.977657	-9.282264724
134.9915116	-9.341362831

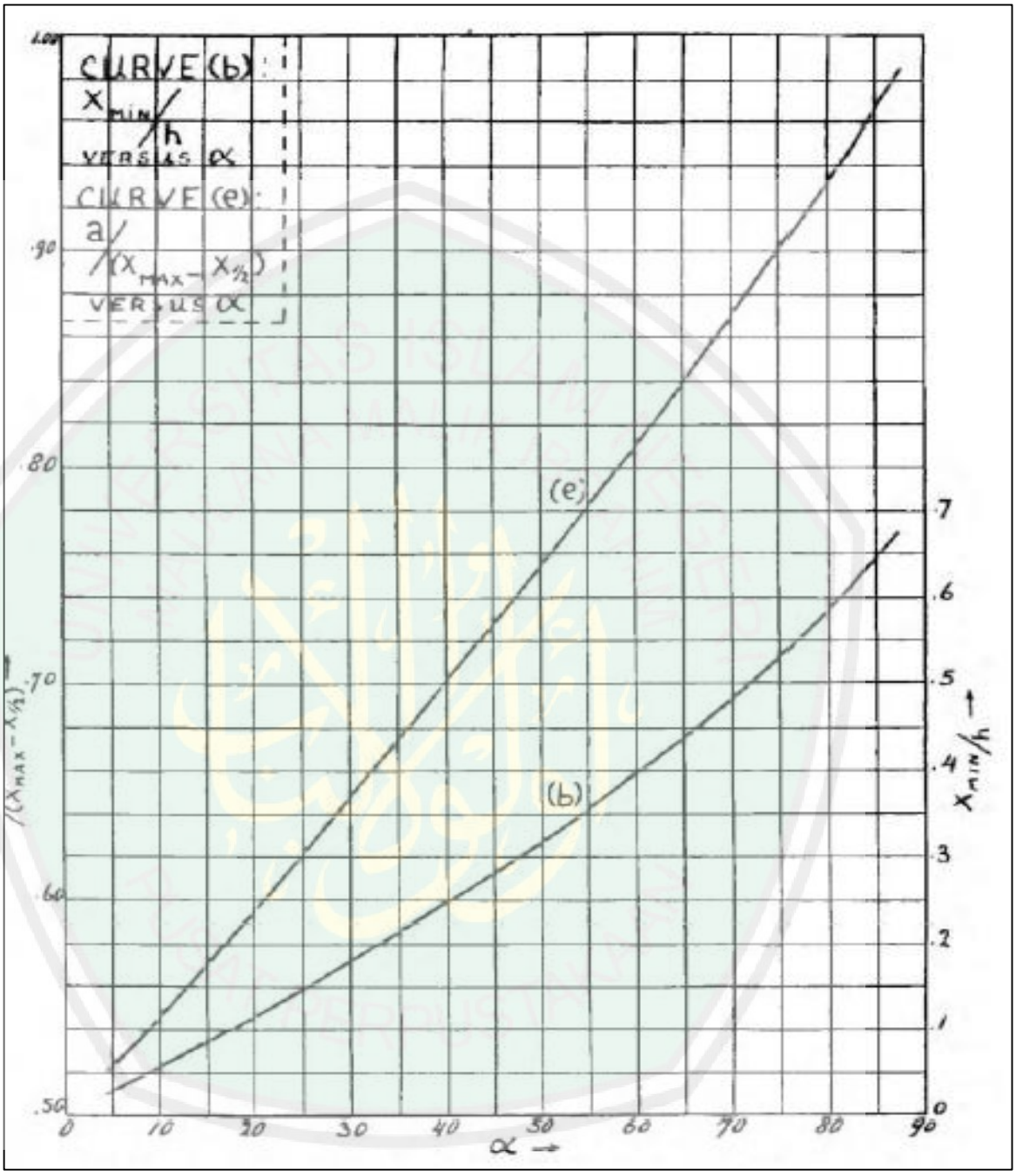
Parameter Model Bola	
Vmax	9.316392
Vmin	-18.8616
V1/2	-4.7726
Xmax	104.8477
Xmin	155.7483
2a	50.90058
a	25.45029
X1/2	116.5804
Xmax-X1/2	11.73273
Xmin-X1/2	39.16785
a/(Xmax-X1/2)	2.169171
a/(Xmin-X1/2)	0.649775
alfa	90
a/h	0.7
h	36.35756

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

141.0202715	-10.4895152
141.234536	-10.54962732
147.0490315	-12.70524464
148.4914149	-13.46351151
153.0777914	-16.35307581
155.7482939	-18.86160118
159.1065513	-18.79490626
163.0051729	-12.78670895
165.1353113	-9.284639517
170.2620518	-3.016059922
171.1640712	-2.036863165
177.1928312	1.441613301
177.5189308	1.499490764
183.2215911	1.872238896
184.7758097	1.604352956
189.2503511	0.057401765
192.0326887	-1.070566868
195.279111	-2.844331878
199.2895677	-4.826718087
201.3078709	-5.981703402
206.5464466	-8.447717439
207.3366309	-8.833799454
213.3653908	-11.14266134
213.8033256	-11.27472772
219.3941508	-12.80515226
221.0602045	-13.15019687
225.4229107	-13.87378585
228.3170835	-14.23196929
231.4516707	-14.48914265
235.5739624	-14.73747884
237.4804306	-14.78481069
242.8308414	-14.87380037
243.5091906	-14.8666804
249.5379505	-14.80375129
250.0877204	-14.79779208
255.5667104	-14.65342213
257.3445993	-14.61096996
261.5954704	-14.46523019
264.6014783	-14.37372003
267.6242303	-14.26244516
271.8583572	-14.1235989
273.6529903	-14.0587564
279.1152362	-13.88046958
279.6817502	-13.86130655
285.7105102	-13.67034403
286.3721152	-13.65030839
290.5017593	-13.52220683

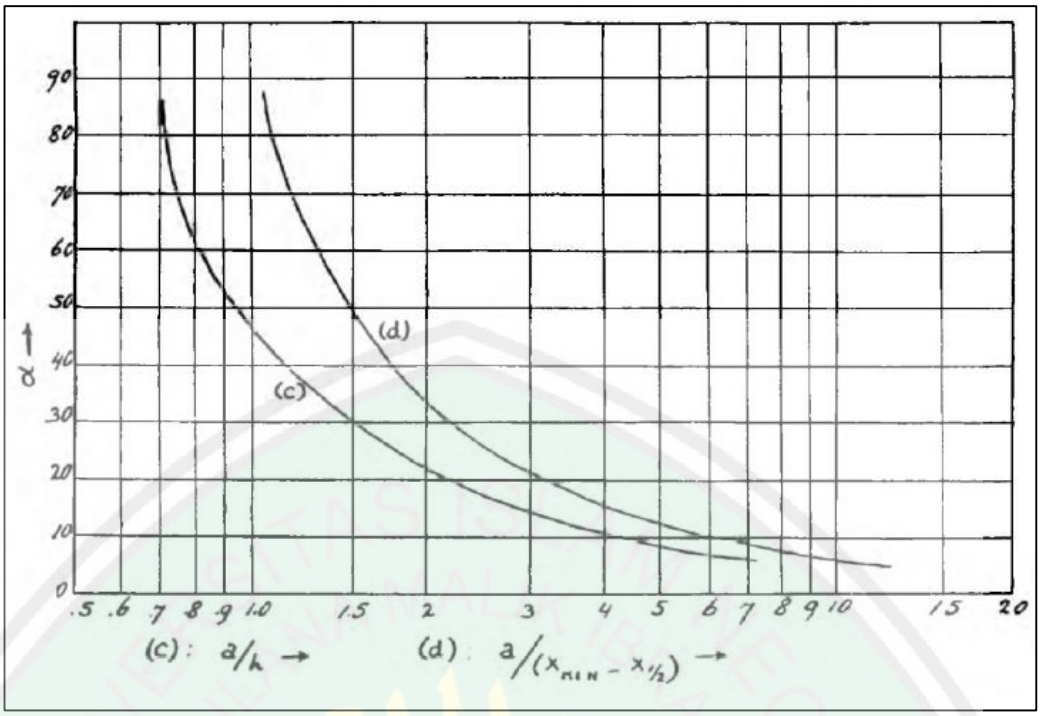
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5. Kurva Model



Gambar L.1.1 Kurva (b) : grafik rasio antara X_{min}/h sebagai fungsi dari α dan kurva (e) : grafik master kurva untuk $a/(X_{max} - X_{1/2})$ vs α (Nuha, 2018).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar L.1.2 Grafik rasio antara X_{min}/h sebagai fungsi dari α (Nuha, 2018).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Anna Syuroya Sulthony
NIM : 13640017
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Self Potential di Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung
Pembimbing I : Irjan, M.Si
Pembimbing II : Erna Hastuti, M.Si

NO	TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN
1	20 Agustus 2019	Konsultasi Bab I, dan II	
2	25 Agustus 2019	Konsultasi Bab III	
3	06 September 2019	Konsultasi Pegolahan Data	
4	18 September 2019	Konsultasi Pembahasan Bab IV	
5	11 November 2019	Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I, II dan IV	
6	24 Februari 2020	Konsultasi Bab IV dan V	
7	18 Mei 2020	Konsultasi kajian agama dan Acc	
8	20 Juni 2020	Konsultasi semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 21 Juni 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG