

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED
POLARIZATION*) UNTUK IDENTIFIKASI SEBARAN LUMPUR
DI BAWAH PERMUKAAN (Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan
Wringinanom Kabupaten Gresik)**

SKRIPSI

Oleh:
MANNANU MINNI SAELILLAH
NIM. 220604110021



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED
POLARIZATION*) UNTUK IDENTIFIKASI SEBARAN LUMPUR
DI BAWAH PERMUKAAN (Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan
Wringinanom Kabupaten Gresik)**

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:
Mannanu Minni Saelillah
NIM. 220604110021**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED POLARIZATION*)
UNTUK IDENTIFIKASI SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN
(Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik)

SKRIPSI

Oleh:

Mannanu Minni Saelillah
NIM. 220604110021

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 17 Juni 2026

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Dr. Umayyatus Syarifah, M.A.
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 197405132003121001

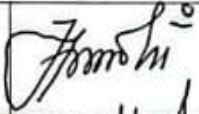
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED POLARIZATION*)
UNTUK IDENTIFIKASI SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN
(Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik)

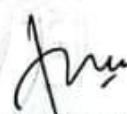
SKRIPSI

Oleh:
Mannanu Minni Saelillah
NIM. 220604110021

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 26 Juni 2026

Penguji Utama :	<u>Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si.</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Ketua Penguji :	<u>Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si.</u> NIP. 19930617 202012 2 003	
Sekretaris Penguji :	<u>Drs. H. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji :	<u>Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A.</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi


Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MANNANU MINNI SAELILLAH
NIM : 220604110021
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*)
Untuk Identifikasi Sebaran Lumpur Di Bawah Permukaan
(Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom
Kabupaten Gresik)

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

Malang, Maret 2026
Yang Membuat Pernyataan



Mannanu Minni Saelillah
NIM. 220604110021

MOTTO

Allah tidak pernah berkata semuanya mudah, tetapi dua kali Allah menegaskan bahwa “disetiap kesulitan pasti ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah:5-6)

“Fakta bahwa saya masih hidup dan bertahan sampai saat ini merupakan bukti nyata bahwa Allah Maha Baik.”

Barangkali kamu hidup, bukan untuk menjemput do’amu, Melainkan, kamu adalah “bentuk” dari do’a orang lain.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada diri penulis di masa kecil. Penulis ingin meminta maaf karena pernah membenci, bukan memeluk dan berdamai. Terima kasih telah menjadi bagian dari diri penulis yang penuh luka namun tetap bertahan, sehingga penulis dapat sampai pada titik ini dan menyelesaikan skripsi ini. Kepada kedua orang tua yang telah melahirkan penulis ke dunia. Kepada keluarga yang telah bersedia menjadi tempat pulang. Kepada teman-teman, terima kasih karena telah bersedia menemani penulis di masa-masa sulit. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, bantuan, serta dukungan yang membuat setiap proses terasa lebih ringan untuk dijalani. Kehadiran kalian menjadi bagian penting dalam perjalanan ini, terutama di saat penulis merasa lelah dan hampir menyerah.

Kepada keluarga besar Fisika UIN Malang, khususnya rekan-rekan perjuangan Geofisika angkatan 2022, terima kasih atas semangat, doa, dan kebersamaannya. Sampai jumpa di masa depan di tempat terbaik yang diberkahi-Nya. Semoga ilmu yang kita pelajari menjadi berkah dan manfaat bagi sesama. Aamiin.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan kasih sayang, rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*) Untuk Identifikasi Sebaran Lumpur Di Bawah Permukaan (Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si, CAHRM., CRMP selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Farid Samsu Hananto S.Si., M.T., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si., dan Dr. Umayyatus Syarifah, M.A., selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta ilmu dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini.

5. Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si., dan Fikriyatul Azizah Su'ud, M.Si., selaku dewan penguji skripsi atas waktu, perhatian, serta saran dan masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Staff Akademik Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Para guru di MA Manbaul Ulum. Berkat mereka, penulis dapat sampai pada titik ini dan mampu melanjutkan perjalanan.
8. Kedua orang tua yang telah melahirkan penulis, sehingga penulis memiliki kesempatan untuk hidup dan belajar.
9. Kakak pertama penulis, Ibrahim Waliyullah, dan istrinya, Uswatun Chasanah, yang telah menjadi sosok ayah dan ibu bagi penulis. Terima kasih karena telah membesarkan penulis dari kecil hingga dewasa dan telah menghadirkan arti keluarga dalam hidup penulis, serta memberikan kehangatan, perhatian, dan tempat untuk pulang. Terima kasih juga untuk keempat penyemangat dalam keluarga kecil ini: Nabilah Mumtaza Atul Aufa yang selalu menjadi teman berbagi cerita di saat lelah, Muhammad Ardani Farrel Ghifari yang selalu menghibur dengan tingkah lucunya, dan Huwaidah Hasna Aqilah yang menjadi *moodbooster* tercinta bagi penulis. Serta untuk bayi yang masih dalam kandungan, semoga kehadiranmu kelak membawa kebahagiaan bagi banyak orang. Terima kasih karena telah menerima penulis menjadi bagian dari kehidupan kalian. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan, kasih sayang, dan ketulusan yang telah diberikan dengan balasan yang berlipat ganda.
10. Saudara-saudara penulis: Indah Arsyastawa yang telah memberikan banyak doa dan motivasi, Syamsil Bahroinil Amiq yang selalu menghadirkan candaan

sehingga hari-hari terasa lebih hidup, Isnainil Untsayain yang senantiasa menjadi teman berbagi cerita dan tempat meminta tolong, serta Muthi'atul Auliyah yang telah mewarnai hidup penulis dengan berbagai nasihat dan cerita yang tak terlupakan. Terima kasih karena telah menjadi bagian dari keluarga yang selalu hadir dalam perjalanan penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas doa dan dukungan yang telah diberikan.

11. Wilda Nur Mei Syahrina, terima kasih atas bantuan yang sangat berarti selama penelitian.
12. Nurul Wijayanti yang telah menjadi sahabat sejak awal masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta kehadiran yang selalu memberi warna cerah dalam perjalanan penulis selama kuliah. Kehadiranmu menjadi salah satu hal baik yang patut disyukuri dalam hidup penulis.
13. Zuhroh, Puput, dan Siska yang telah menjadi partner luar biasa selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta bantuan yang sudah diberikan.
14. Reza, Nihaya dan Ira, teman mabna yang selalu turut merayakan setiap momen penting.
15. Salah satu teman KKM penulis, Novie Rosianti Safitri yang telah menghadirkan begitu banyak energi positif, khususnya selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena selalu menemani, memberi semangat, dan mengenalkan penulis pada banyak hal baru yang bermakna
16. Fitri dan Cindy, teman mengerjakan skripsi di berbagai tempat dan menemani setiap proses dengan kebersamaan.

17. Teman KKM Poncokusumo yang lain; Iroh, Laili, Atil, dan Vivi yang telah melengkapi hari-hari penulis sehingga terasa lebih ringan. Kehadiran kalian memberi warna dan kebersamaan yang berarti dalam setiap proses.
18. Terima kasih kepada teman-teman fisika angkatan 2022, khususnya geofisika yang telah menemani penulis berproses dari maba.
19. Dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas do'a, bantuan serta dukungan yang diberikan kepada penulis.
20. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan sejauh ini dan mampu melangkah lebih jauh dari yang dibayangkan. Terima kasih karena tetap berusaha sebaik sangka terhadap setiap takdir Tuhan. Skripsi ini ditulis di titik terendah, saat kehilangan banyak hal berarti, keraguan atas hidup, dan hampir menyerah datang silih berganti, namun penulis tetap memilih bertahan. Terima kasih karena tidak menyerah, tetap percaya bahwa setiap kesulitan memiliki makna dan Tuhan selalu menghadirkan kebaikan. Skripsi ini bukan sekadar pencapaian akademik, tetapi juga perjalanan untuk bertahan, menerima, dan terus melangkah dengan harapan.

Malang, 21 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث.....	xviii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
2.1 Gunung Lumpur (<i>Mud Vulcano</i>).....	7
2.1.1 Proses Terbentuknya <i>Mud Vulcano</i>	10
2.1.2 Macam-Macam <i>Mud Vulcano</i>	13
2.1.3 Faktor Penyebab Keluarnya Lumpur.....	15
2.1.4 <i>Mud Vulcano</i> di Pulau Jawa	16
2.2 Metode Geolistrik	18
2.3 Metode <i>Induced Polarization</i> (IP).....	19
2.3.1 Sumber Penyebab Fenomena IP	21
2.3.2 Jenis-Jenis Polarisasi	21
2.3.3 Nilai <i>Chargeability</i>	24
2.3.4 Pengukuran Fenomena IP	25
2.3.5 Mineral -Mineral yang Menimbulkan Fenomena IP	28
2.4 Konfigurasi Dipole-Dipole.....	28
2.5 Geologi Daerah Penelitian	32
2.6 Penelitian Pendahuluan	35
 BAB III METODE PENELITIAN	 37
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2 Peralatan Penelitian.....	37
3.3 Metode Pengumpulan Data	38
3.4 Desain Akuisisi	38
3.5 Prosedur Penelitian	39
3.5.1 Prosedur Pengambilan Data Penelitian.....	39
3.5.2 Prosedur Pengolahan Data.....	41
3.6 Interpretasi dan Analisis Data	44

3.7 Diagram Alir Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Akuisisi Data.....	46
4.2 Analisis Hasil	47
4.2.1 Dasar Interpretasi Berdasarkan Nilai <i>Chargeability</i>	47
4.2.2 Dasar Interpretasi Berdasarkan Stratigrafi Formasi Lidah	48
4.2.3 Litologi di Lokasi Penelitian	48
4.3 Interpretasi Data	52
4.3.1 Lintasan 1	52
4.3.2 Lintasan 2	54
4.3.3 Lintasan 3	56
4.3.4 Lintasan 4	58
4.3.5 Interpretasi Sebaran Lumpur & Struktur Geologi Bawah Permukaan ..	59
4.3.6 Visualisasi Penampang 3D	62
4.4 Kajian Keislaman.....	64
BAB V PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perkembangan Lumpur Diapir Ke Gunung Lumpur.....	11
Gambar 2.2 Gunung Lumpur yang Terdapat di Jawa Bagian Timur dan Madura (Istadi, 2009)	18
Gambar 2.3 Distribusi Ion Pada Lapisan Tipis Lempung (a) merupakan kondisi awal batuan (b) merupakan kondisi batuan ketika dialiri arus listrik (Telford, 1990)	22
Gambar 2.4 Distribusi Ion yang Membentuk Potensial Diri (a) merupakan kondisi awal batuan (b) merupakan kondisi batuan ketika dialiri arus listrik (Liani, 2020)	24
Gambar 2.5 Konfigurasi Dipole-Dipole.....	29
Gambar 2.6 Peta Geologi Regional Gresik (Sukardi, 1992).....	33
Gambar 2.7 Geologi Regional <i>Mud Vulcano</i> Wringinanom.....	34
Gambar 3.1 Desain Akuisisi Data (<i>Google Earth</i>)	39
Gambar 3.2 Pengolahan Data di Excel	41
Gambar 3.3 Pengolahan Data di Notepad	42
Gambar 3.4 Diagram Alir	45
Gambar 4.1 Material Lempung Pasiran Padat	49
Gambar 4.2 Material Dominasi Lempung Pasiran Berasosiasi Lumpur.....	50
Gambar 4.3 Material Parsial Lempung dan Lumpur	50
Gambar 4.4 Material Dominasi Lumpur Berasosiasi Lempung	51
Gambar 4.5 Model Penampang 2D Lintasan 1	49
Gambar 4.6 Model Penampang 2D Lintasan 2	54
Gambar 4.7 Model Penampang 2D Lintasan 3	56
Gambar 4.8 Model Penampang 2D Lintasan 2	58
Gambar 4.9 Visualisasi Penampang 3D.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai <i>Chargeability</i> Mineral dan Batuan (Telford <i>et al</i> , 1990).....	24
Tabel 2.2 <i>Chargeability</i> Materi (Telford <i>et al</i> , 1990; Kearey <i>et al</i> , 2002)	25
Tabel 2.3 Hasil Penelitian tentang <i>Mud Vulcano</i>	36
Tabel 3.1 Nilai <i>Chargeability</i> Mineral, Batuan dan Materi di Lokasi (Telford <i>et al</i> , 1990; Kearey <i>et al</i> , 2002)	44
Tabel 4.1 Hasil Interpretasi Litologi Pada Lintasan 1.....	52
Tabel 4.2 Hasil Interpretasi Litologi Pada Lintasan 2.....	54
Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Litologi Pada Lintasan 3.....	56
Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Litologi Pada Lintasan 4.....	58

ABSTRAK

Saelillah, Mannanu Minni. 2026. **Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*) Untuk Identifikasi Sebaran Lumpur Di Bawah Permukaan (Studi Kasus Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik)**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (1) Drs. H. Abdul Basid, M.Si. (2) Dr. Umaiyyatus Syarifah, M.A.

Kata Kunci: *Induced Polarization* (IP), *chargeability*, Gunung Lumpur, Formasi Lidah, Zona Kendeng.

Gunung Lumpur Wringinanom merupakan salah satu manifestasi geologi yang berada di Zona Kendeng dan berasosiasi dengan Formasi Lidah yang didominasi oleh material lempungan. Informasi mengenai kondisi bawah permukaan diperlukan untuk mengetahui pola sebaran lumpur serta struktur geologi yang mengontrol kemunculannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran lumpur bawah permukaan dan struktur geologi bawah permukaan di kawasan Gunung Lumpur Wringinanom, Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik. Metode yang digunakan adalah geolistrik *Induced Polarization* (IP) konfigurasi *Dipole-Dipole* pada empat lintasan pengukuran dengan panjang lintasan 160 m dan spasi elektroda 5 m. Data hasil pengukuran diolah menggunakan perangkat lunak Res2DInv untuk menghasilkan penampang dua dimensi (2D), kemudian divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi (3D) menggunakan Blender. Hasil penelitian menunjukkan nilai *chargeability* berkisar antara 17,3–521 msec yang diinterpretasikan menjadi empat kelas litologi, yaitu lempung pasir padat, dominasi lempung pasir berasosiasi lumpur, parsial lempung dan lumpur, serta dominasi lumpur berasosiasi lempung. Sebaran lumpur bawah permukaan berkembang terutama pada Lintasan 1 dan Lintasan 4 yang ditunjukkan oleh nilai *chargeability* tinggi, sedangkan Lintasan 3 merupakan zona transisi dan Lintasan 2 merupakan zona pinggir sistem gunung lumpur. Struktur geologi bawah permukaan diinterpretasikan tersusun oleh material lempungan Formasi Lidah (Tpl) yang berperan sebagai jalur migrasi fluida dan lumpur serta dipengaruhi oleh kondisi geologi regional Zona Kendeng dan Antiklin Kedungwaru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Induced Polarization* mampu mengidentifikasi pola sebaran lumpur bawah permukaan serta memberikan gambaran kondisi geologi bawah permukaan pada daerah penelitian.

ABSTRACT

Saelillah, Mannanu Minni. 2026. *Geoelectrical Data Analysis Using the Induced Polarization (IP) Method for Identifying Subsurface Mud Distribution (Case Study of Sumberwaru Village, Wringinanom District, Gresik Regency)*. Undergraduated Thesis. Department of Physics, Faculty of Sains and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang.

Supervisor: (1) Drs. H. Abdul Basid, M.Si. (2) Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A.

Keywords: Induced Polarization (IP), chargeability, Mud Volcano, Lidah Formation, Kendeng Zone.

The Wringinanom Mud Volcano is one of the geological manifestations located within the Kendeng Zone and is associated with the Lidah Formation, which is dominated by clay-rich materials. Information regarding subsurface conditions is required to determine the distribution pattern of subsurface mud and the geological structures controlling its occurrence. This study aims to identify the subsurface mud distribution and subsurface geological structures in the Wringinanom Mud Volcano area, Sumberwaru Village, Wringinanom District, Gresik Regency. The study employed the Induced Polarization (IP) geoelectrical method using the Dipole-Dipole configuration along four survey lines with a length of 160 m and an electrode spacing of 5 m. The acquired data were processed using Res2DInv software to generate two-dimensional (2D) chargeability sections and subsequently visualized in a three-dimensional (3D) model using Blender. The results indicate that chargeability values range from 17.3 to 521 msec. Lithological interpretation reveals four classes consisting of compact sandy clay, sandy clay associated with mud, partial clay–mud mixtures, and mud-dominated zones associated with clay. Subsurface mud distribution is primarily developed along Survey Lines 1 and 4, characterized by high chargeability values, whereas Survey Line 3 represents a transitional zone and Survey Line 2 represents the peripheral zone of the mud volcano system. The subsurface geological structure is interpreted to consist of clay-rich materials belonging to the Lidah Formation (Tpl), which function as migration pathways for fluids and mud and are influenced by the regional geological setting of the Kendeng Zone and the Kedungwaru Anticline. The results demonstrate that the Induced Polarization method is capable of identifying subsurface mud distribution patterns and providing an overview of subsurface geological conditions in the study area.

مستخلص البحث

سي لله، مَنّان مني. 2026. تحليل بيانات الجيواالكتريك بطريقة الاستقطاب المحرض (IP) لتحديد توزيع الطين تحت السطح (دراسة حالة قرية سومبروورو، منطقة ورنغيناوم، مقاطعة كريسيك). بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) د.ه. عبد الباسط، الماجستير. (2) الدكتورة أمية الشريفة، الماجستير.

الكلمة الرئيسية: الاستقطاب المحفّز (IP)، القابلية للشحنة، جبل الطين، تكوين لسان، منطقة كيندينغ. جبل الطين ورنغيناوم هو أحد الظواهر الجيولوجية الموجودة في منطقة كيندينج ومرتبطة بتكوين لبداه الذي يسيطر عليه المواد الطينية. تُعد المعلومات حول حالة تحت السطح ضرورية لمعرفة نمط توزيع الطين والهياكل الجيولوجية التي تتحكم في ظهوره. تهدف هذه الدراسة إلى معرفة توزيع الطين تحت السطح والهياكل الجيولوجية تحت السطح في منطقة جبل الطين ورنغيناوم، قرية سومبروورو، مقاطعة ورنغيناوم، محافظة جريسيك. الطريقة المستخدمة هي الجيوكهربائية القطبية المستحثة (IP) بتكوين ثنائي القطب على أربعة مسارات قياس بطول 160 متر وفارق أقطاب كهربائية 5 أمتار. تم معالجة بيانات القياس باستخدام برنامج Res2DInv للحصول على مقطع ثنائي الأبعاد (2D)، ثم تم تصويره بشكل ثلاثي الأبعاد (3D) باستخدام برنامج Blender. تشير نتائج البحث إلى أن قيمة القابلية للشحن تتراوح بين 17.3-521 مللي ثانية، والتي تم تفسيرها إلى أربع فئات صخرية، وهي الطين الرملي الصلب، الطين الرملي السائد المرتبط بالطين، الطين الجزئي والطين، والطين السائد المرتبط بالطين الرملي. يتطور توزيع الطين تحت السطح خاصة في المسار 1 والمسار 4، والذي يتضح من القيم العالية للقابلية للشحن، بينما يُعد المسار 3 منطقة انتقالية والمسار 2 منطقة طرفية لنظام جبل الطين. تم تفسير البنية الجيولوجية تحت السطح على أنها مكونة من مواد طينية من تكوين لبداه (Tpl) والتي تلعب دور طريق هجرة للسوائل والطين وتخضع لتأثير الظروف الجيولوجية الإقليمية في منطقة كيندينج والتجاعيد الطية قدونغوارو. وتظهر نتائج البحث أن طريقة الاستقطاب المحفّز قادرة على تحديد نمط توزيع الطين تحت السطح وتقديم صورة عن الظروف الجيولوجية تحت السطح في منطقة الدراسة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi sangat beragam dan menarik untuk dikaji, salah satunya adalah gunung lumpur (*mud volcano*). Gunung lumpur merupakan salah satu manifestasi geologi berupa keluarnya lumpur, air, dan gas ke permukaan melalui rekahan atau jalur sesar. Fenomena ini umumnya muncul pada cekungan sedimen yang aktif secara tektonik, di mana tekanan dari dalam bumi mendorong fluida untuk bermigrasi ke permukaan melalui konduit yang tersedia. Lumpur yang menyembur tersebut biasanya bercampur dengan gas hidrokarbon, belerang, dan material sedimen halus dari bawah permukaan (Amelinda & Bagus, 2016).

Gunung Lumpur Wringinanom atau Pengangson berada di wilayah Gresik bagian selatan pada koordinat sekitar 112°30'43,73" BT dan 7°22'54,50" LS. Area mud volcano ini memiliki luasan sekitar 200 × 300 meter. Bentuk morfologinya berupa kubah yang tidak beraturan. Kubah tersebut tersusun atas sejumlah kubah-kubah kecil yang terbentuk dari proses pengendapan lumpur secara terus-menerus. Material yang keluar terutama berupa lumpur, air, dan kadang-kadang muncul lapisan tipis minyak. Lumpur mengalir perlahan; ketika ditampung, debitnya mencapai sekitar 1 liter setiap 10 menit, dengan komposisi 70–80% air dan 20–30% lumpur. Di permukaan banyak dijumpai pai atau lubang keluaran berukuran kecil dengan diameter mencapai 1 meter, yang mengeluarkan gas berupa gelembung setinggi sekitar 10 cm dengan frekuensi 2–3 gelembung per detik. Beberapa pai berukuran lebih kecil menunjukkan aliran gas yang lebih kuat. Suhu air lumpur

tercatat sekitar 34°C dengan pH berkisar antara 6–7. Pertambahan volume kubah lumpur sulit diamati secara langsung karena berlangsung sangat lambat. Pada beberapa bagian permukaan pai atau kolam sering tampak lapisan minyak tipis. Fragmen batuan yang ditemukan di area ini terdiri dari batupasir, batulempung pasiran, dan silika dengan ukuran butiran hingga 2 cm dan bentuk menyudut (Burhanuddin, 2015).

Secara regional, Kabupaten Gresik termasuk dalam Zona Kendeng, yaitu zona geologi yang terbentuk akibat tumbukan Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia. Zona Kendeng dikenal memiliki banyak patahan aktif, salah satunya Sesar Watukosek yang memanjang dari Mojokerto, Gresik, hingga Madura (Putrohari, 2008). Keberadaan sesar aktif inilah yang menjadi jalur keluarnya fluida dan lumpur ke permukaan. Salah satu lokasi yang terdampak adalah Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik. Fenomena semburan lumpur di desa ini cukup menarik perhatian karena selain menghasilkan luapan lumpur, juga ditemukan gas yang dapat menyala bila disulut api. Kejadian ini menimbulkan kekhawatiran di kalangan masyarakat, sebab jika tidak dipahami lebih lanjut dikhawatirkan dapat berkembang menjadi kasus besar seperti Lumpur Sidoarjo.

Pentingnya penelitian di wilayah ini semakin jelas karena fenomena semburan lumpur tidak hanya menimbulkan keresahan, tetapi juga berpotensi mengancam keselamatan dan lingkungan. Pemahaman mengenai kondisi bawah permukaan sangat dibutuhkan, khususnya terkait pola sebaran lumpur bawah tanah. Dengan mengetahui sebaran lumpur, maka arah perkembangan semburan dapat diprediksi, sehingga upaya mitigasi bencana bisa dilakukan secara lebih terencana.

Oleh karena itu, metode geofisika menjadi salah satu solusi yang efektif karena mampu memberikan informasi bawah permukaan tanpa perlu pengeboran langsung yang memerlukan biaya besar dan berisiko.

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang banyak digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan melalui pengukuran sifat kelistrikan batuan, khususnya resistivitas. Metode ini sering dipilih karena prosedurnya relatif mudah, biaya terjangkau, dan mampu memberikan gambaran perlapisan atau sebaran material secara dua dimensi. Namun pada kasus-kasus yang melibatkan material konduktif seperti lumpur, lempung, air tanah, maupun air asin, nilai resistivitas sering menunjukkan respon yang serupa sehingga sulit dibedakan apabila hanya mengandalkan resistivitas saja. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *Induced Polarization* (IP) sebagai pelengkap. Metode IP tidak hanya mengukur resistivitas, tetapi juga nilai chargeability, yaitu kemampuan batuan menyimpan muatan listrik setelah arus dihentikan. Material lumpur umumnya kaya akan mineral lempung, partikel halus, serta ion-ion terlarut, sehingga memiliki nilai chargeability lebih tinggi dibandingkan batuan sedimen lain seperti napal atau batupasir. Dengan adanya parameter tambahan ini, identifikasi sebaran lumpur di bawah permukaan dapat dilakukan dengan lebih jelas dan mengurangi ambiguitas interpretasi.

Sejumlah penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan di gunung lumpur Wringinanom. Penelitian oleh Muhammad Burhanuddin (2015) menunjukkan bahwa gunung lumpur Wringinanom memiliki morfologi kubah lumpur tidak beraturan dengan ukuran pai kecil-kecil sangat banyak dengan diameter pai mencapai 1 m, dengan kandungan air tinggi (70-80%) dan suhu sekitar 34°C.

Analisis petrografi mengindikasikan material lumpur berasal dari Formasi Kalibeng dan Tawun di Zona Kendeng, serta menunjukkan bahwa aktivitas mud volcano di daerah ini masih berlangsung secara mikro dan berhubungan dengan sistem sesar regional aktif. Penelitian terintegrasi juga pernah dilakukan oleh Warnana dkk. (2017) di Wringinanom dengan memadukan resistivitas, VLF-EM, dan magnetik. Hasilnya berhasil menunjukkan adanya anomali resistivitas rendah yang diinterpretasikan sebagai lapisan lumpur jenuh fluida. Akan tetapi, penelitian-penelitian tersebut masih belum banyak yang secara spesifik menggunakan metode Induced Polarization (IP) untuk mengkaji lumpur di Desa Sumberwaru. Hal ini menjadi peluang sekaligus dasar dilakukannya penelitian ini.

Berdasarkan perspektif Islam, fenomena kebumian seperti *mud volcano* bukan hanya sekadar peristiwa geologi, tetapi juga tanda kekuasaan Allah SWT yang perlu dipikirkan dan dikaji oleh manusia. Hal ini sejalan dengan firman Allah dalam QS. Ali ‘Imran (3): 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal. (Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), ‘Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka” (QS. Ali-‘Imron (3): 190-191)

Pada QS. Ali ‘Imran (3): 190-191 menunjukkan bahwa alam semesta beserta seluruh fenomenanya merupakan ayat-ayat kauniyah yang harus dipikirkan dan dipahami oleh manusia. Orang yang berakal tidak hanya melihat alam secara lahiriah, tetapi juga melakukan tafakkur terhadap keteraturan, proses, dan hikmah

yang terkandung dalam penciptaan bumi. Fenomena semburan lumpur dan kondisi bawah permukaan bumi merupakan bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah yang dapat dikaji melalui ilmu geofisika (Lajnah Pentashihan, 2016). Dengan demikian, penelitian mengenai sebaran lumpur bawah permukaan menggunakan metode geolistrik IP dapat dipahami sebagai salah satu bentuk usaha ilmiah untuk membaca dan memahami ciptaan Allah pada bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sebaran lumpur di daerah Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik menggunakan metode IP (*Induced Polarization*)?
2. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian menggunakan metode IP (*Induced Polarization*)?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui sebaran lumpur di daerah Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik menggunakan metode IP (*Induced Polarization*)
2. Untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian menggunakan metode IP (*Induced Polarization*)

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik

2. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode geolistrik *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi Dipole-Dipole
3. Interpretasi dibantu dengan *software Res2dinv* (2D) dan *software Blender* (3D)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai informasi mengenai keberadaan lumpur yang ada di Desa Sumberwaru Kecamatan Wringinanom Kabupaten Gresik serta dapat menambah wawasan mengenai keberadaan semburan lumpur menggunakan metode IP (*Induced Polarization*) sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam bidang geofisika.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gunung Lumpur (*Mud Vulcano*)

Mud vulcano atau gunung lumpur merupakan hasil manifestasi dari formasi batuan berbutir halus hingga kasar, seperti lempung dan pasir, yang memiliki densitas relatif rendah. Formasi tersebut mengalami perubahan fisik akibat tekanan dari aktivitas tektonik, sehingga tingkat kekonsolidasian batuannya menurun karena sifat materialnya yang lentur. Pada kondisi tertekan, lapisan ini akan berusaha mencapai keseimbangan dengan mengalami proses likuifaksi atau pencairan, kemudian mengalir melalui zona-zona lemah seperti patahan dan rekahan, hingga akhirnya dapat menembus dan muncul ke permukaan bumi (Satyana, 2008).

Gunung lumpur umumnya berkembang di sepanjang zona depresi, di mana sedimen belum terkompaksi sempurna akibat pengaruh aktivitas tektonik yang terus berlangsung maupun akibat beban lapisan di atasnya. Kondisi tersebut dapat memicu terbentuknya struktur seperti *mud diaper*, karena rendahnya permeabilitas batuan menghambat fluida formasi di dalam pori-pori mencapai keseimbangan hidrostatik, sehingga menimbulkan tekanan lebih (*overpressure*). Apabila kondisi bawah permukaan terganggu, campuran lumpur, fluida, dan gas berpotensi terdorong naik melalui zona lemah seperti patahan atau rekahan. Rembesan lumpur dan gas yang muncul di permukaan umumnya menjadi indikasi adanya aktivitas *mud volcano*. Fenomena geologi ini ditandai dengan keluarnya lumpur, air, dan gas dari bawah permukaan bumi menuju permukaan melalui jalur sesar atau rekahan. Secara umum, *mud volcano* bukan termasuk gunung api dalam konteks vulkanik,

karena tidak memuntahkan magma, melainkan mengeluarkan material sedimen halus yang bercampur air dan gas akibat tekanan fluida dari bawah permukaan. (Mazzini, 2009).

Gunung lumpur adalah fenomena geologi yang terbentuk akibat keluarnya material lumpur secara tidak terkendali dari bawah permukaan bumi. Umumnya, reservoir batuan yang menjadi tempat akumulasi fluida berupa lumpur berada pada lapisan batu gamping di kedalaman lebih dari 3000 meter di bawah permukaan, dan sering kali juga berasosiasi dengan lapisan garam. Kondisi ini memungkinkan terbentuknya berbagai struktur geologi seperti kubah garam (*salt dome*), diapir (yakni intrusi material yang menerobos lapisan di atasnya akibat tekanan), serta gunung lumpur (*mud volcano*). Istilah *mud volcano* sendiri mengacu pada proses keluarnya air lumpur atau material lempung ke permukaan bumi, yang umumnya berkaitan dengan keberadaan gas alam. Material lumpur yang ter-erupsi kemudian mengendap di sekitar lubang keluaran dan membentuk morfologi menyerupai kerucut gunung api (Mazzini, 2009).

Gunung lumpur, yang sering disebut juga sebagai *sedimentary volcano*, memiliki karakteristik yang menyerupai gunung api magmatik. Kesamaan tersebut terutama terlihat dari adanya pelepasan gas bertekanan tinggi yang kadang disertai ledakan, serta kemungkinan terjadinya pembakaran gas hidrokarbon di permukaan. Namun, berbeda dengan gunung api magmatik yang memuntahkan material batuan cair atau lava dari kedalaman bumi, gunung lumpur hanya mengeluarkan campuran sedimen halus, air, dan gas tanpa melibatkan material panas atau magma. Sama halnya dengan gunung api magmatik, gunung lumpur juga dapat mengalami erupsi yang cukup kuat, yang mampu melontarkan material dalam bentuk lumpur maupun

fluida dengan suhu bervariasi, dari panas hingga sangat dingin. Proses erupsi tersebut sering kali melepaskan ribuan meter kubik gas hidrokarbon bersamaan dengan ribuan ton material lumpur. Gunung lumpur memiliki sejumlah karakteristik yang menyerupai aktivitas vulkanisme magmatik, baik dari segi morfologi permukaan maupun bentuk struktur yang terbentuk. Dalam beberapa kasus, letusan gunung lumpur dapat berlangsung eksplosif, memuntahkan lumpur dan partikel halus hingga mencapai ketinggian beberapa kilometer di atmosfer (Handoko, 2015).

Gunung lumpur memiliki variasi dalam bentuk, ukuran, serta asal fluida dan fase padatnya. Bentuknya dapat berupa datar, cekung, cembung, hingga tertimbun. Diameter gunung lumpur dapat mencapai sekitar 10 kilometer, sedangkan ketinggiannya bisa mencapai ratusan meter. Fluida dan fase padat yang menyusunnya umumnya terdiri atas gas (terutama metana), air, dan lumpur yang mengalami mobilisasi dari kedalaman beberapa meter di bawah permukaan, meskipun sumbernya bisa berasal dari zona yang terletak beberapa kilometer di bawah tanah. Komposisi gunung lumpur tersusun atas berbagai material yang berasal dari dalam bumi, meliputi massa padat, plastis, cair, dan gas. Massa padat umumnya berupa fragmen batuan dan endapan garam, sedangkan massa plastis terdiri atas lumpur kental atau bubur lempung. Massa cair dapat berupa air tanah, air vulkanik (magma), maupun air laut. Adapun massa gas biasanya mengandung gas metana, gas hidrat, serta gas belerang (Wiranata dkk, 2018). Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat QS. Ath-Thalaq (65): 12:

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

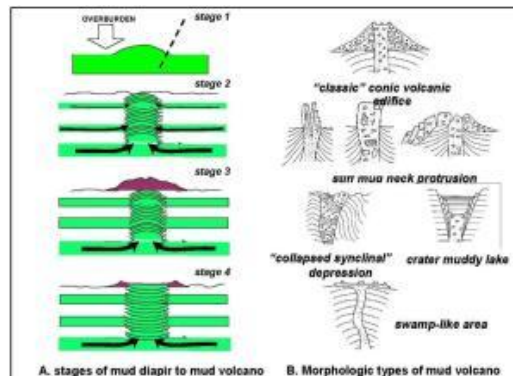
“Allahlah yang menciptakan tujuh langit dan (menciptakan pula) bumi seperti itu. Perintah-Nya berlaku padanya agar kamu mengetahui bahwa Allah Mahakuasa atas segala sesuatu dan ilmu Allah benar-benar meliputi segala sesuatu.” (QS. Ath-Thalaq (65): 12)

Kata *sab‘a* menunjukkan adanya isyarat bahwa bumi tersusun atas beberapa lapisan. Dalam kajian geofisika, struktur bumi dijelaskan sebagai susunan berlapis dari bagian dalam hingga bagian luar, yaitu: 1) Inti dalam 2) Inti luar 3) Mantel bawah 4) Mantel tengah 5) Mantel atas 6) Kerak bumi bawah 7) Kerak bumi atas. Setiap lapisan memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda, baik dari segi komposisi, ketebalan, maupun sifat material penyusunnya. Pada bagian atas kerak bumi dapat dijumpai berbagai kenampakan permukaan, seperti pegunungan, gunung api, samudera, daratan, serta gunung lumpur. Adapun pada bagian bawah kerak bumi, struktur penyusunnya dapat dipahami melalui kajian terhadap jenis batuan, mineral, dan sifat fisis bawah permukaan (An-Najar, 2006).

2.1.1 Proses Terbentuknya *Mud Vulcano*

Gunung lumpur sering dikaitkan dengan keberadaan tanah liat atau lumpur diapir, yaitu struktur berbentuk kubah yang terbentuk akibat deformasi plastis atau aliran lambat material sedimen halus di bawah permukaan bumi. Proses ini dapat menyebabkan lapisan batuan di atasnya mengalami retakan atau pergeseran. Pada umumnya, diapir lempung memiliki mekanisme pembentukan yang serupa dengan gunung lumpur, namun tidak selalu menembus hingga ke permukaan, sebagian hanya naik hingga beberapa meter di bawah lapisan sedimen atas. Apabila sebuah diapir terus berkembang hingga mencapai permukaan, kandungan material plastis di dalamnya akan berperilaku seperti fluida semi-cair. Pergerakan material tersebut kemudian menghasilkan aliran lumpur di permukaan, dan fenomena inilah yang dikenal sebagai gunung lumpur (Dimitrov, 2001).

Hubungan erat antara lumpur diapir dan gunung lumpur dapat dilihat pada tahap pembentukan diapir ke gunung diapir (Satyana, 2008):



Gambar 2.1 Perkembangan Lumpur Diapir Ke Gunung Lumpur (Satyana, 2008)

Pada tahap awal, terjadi deformasi awal pada lapisan *shale* (lempung padat) di zona yang lemah, yang kemudian membentuk struktur awal diapir. Tahap selanjutnya ditandai oleh pergerakan massa *shale* tersebut ke arah permukaan, dikenal sebagai fase diapir *shale*, di mana material lempung mulai mengalami migrasi vertikal akibat tekanan dari bawah. Setelah tekanan mencapai puncaknya, material *shale* terdorong keluar ke permukaan dan membentuk fase gunung lumpur, yaitu saat terjadinya semburan lumpur yang terlihat di permukaan. Tahap terakhir merupakan fase pelepasan tekanan bawah permukaan, di mana tekanan internal menurun dan diikuti dengan berhentinya sebagian aktivitas aliran lumpur di bawah gunung lumpur tersebut (Satyana, 2008).

Gunung lumpur terbentuk akibat naiknya gas alam dari lapisan bawah permukaan yang kemudian menemukan jalur lemah seperti sesar atau rekahan tegak yang berfungsi sebagai konduit. Gas tersebut membawa serta material lumpur yang memiliki densitas lebih rendah dibandingkan dengan sedimen di sekitarnya, sehingga mendorong keluarnya campuran lumpur, gas, air, batuan, serta mineral seperti belerang dan garam ke permukaan. Material ini kemudian membentuk

struktur menyerupai kerucut atau kubah yang mirip dengan gunung kecil. Secara geologi, proses ini berkaitan dengan aktivitas *mud diapir*, yaitu pergerakan material lumpur plastis dalam skala kecil di antara lapisan sedimen yang lebih padat dan berdensitas tinggi. Aktivitas tektonik dan proses sedimentasi cepat juga berperan penting dalam meningkatkan tekanan fluida pori, sehingga mempercepat terjadinya migrasi lumpur ke atas. Daerah yang memiliki sesar aktif umumnya menjadi lokasi potensial terbentuknya gunung lumpur karena menjadi jalur keluarnya fluida dari bawah permukaan. Fenomena ini sering dijumpai di wilayah dengan kondisi geologi yang terdiri atas lapisan sedimen muda yang belum terkompaksi sempurna, bertekanan tinggi, dan berasosiasi dengan zona *overpressure*, yaitu daerah dengan tekanan fluida yang melebihi tekanan hidrostatik. Kondisi tersebut sering menimbulkan kesulitan pada kegiatan pengeboran karena tekanan serpihnya relatif besar (Wiranata *dkk.*, 2018).

Pemicu utama terjadinya letusan pada gunung lumpur umumnya disebabkan oleh adanya tekanan berlebih (*overpressure*) akibat akumulasi gas metana yang berasal dari lapisan batuan sumber maupun reservoir hidrokarbon di bawah permukaan. Tekanan yang terus meningkat ini menimbulkan proses penumpukan energi di dalam formasi batuan, yang dapat menyebabkan terjadinya *breksiasi* atau pecahnya lapisan sedimen di bawah tanah. Dalam kondisi tersebut, massa lumpur yang bersifat plastis akan terdorong ke atas membentuk struktur diapir, yaitu tonjolan lumpur yang menembus lapisan di atasnya karena pengaruh gaya apung (*buoyancy*) dan peningkatan volume fluida pada kedalaman yang lebih dangkal (Mazzini, 2009).

Mekanisme ini menyebabkan material yang kaya akan kandungan lempung (*clay-rich material*) bergerak naik menuju permukaan, meskipun tidak selalu menembus seluruh lapisan penutup. Dalam beberapa kasus, tekanan yang sangat tinggi dapat mendorong lumpur secara eksplosif hingga keluar ke permukaan, menghasilkan fenomena semburan lumpur yang menjadi ciri khas gunung lumpur. Secara umum, diapir lumpur dan diatrema lumpur dapat dibedakan berdasarkan tekanan dan asal intrusi materialnya. Pada tipe diapir, lumpur naik sebagai massa kental berperilaku seperti fluida viskos tunggal, sedangkan pada diatrema, percampuran air dan gas di dalam sedimen menyebabkan terjadinya proses fluidisasi yang mendorong material keluar ke permukaan (Mazzini, 2009).

2.1.2 Macam-Macam *Mud Vulcano*

Secara umum, gunung lumpur dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu (Wiranata dkk, 2018):

1. Gunung Lumpur yang Berkaitan dengan Gunungapi

Gunung lumpur yang berasosiasi dengan aktivitas vulkanik biasanya muncul di sekitar gunung api aktif. Jenis ini memiliki suhu tinggi, mengeluarkan uap air dalam jumlah besar, dan umumnya tidak mengandung gas hidrokarbon. Contoh fenomena yang termasuk dalam kategori ini antara lain solfatara, fumarole, serta geyser, yang terbentuk akibat proses vulkanik di bawah permukaan bumi.

2. Gunung Lumpur yang Tidak Berkaitan dengan Gunungapi

Gunung lumpur yang tidak berasosiasi dengan aktivitas vulkanik merupakan tipe yang meletus secara mandiri tanpa keterkaitan dengan gunung api. Ciri khasnya adalah air letusan yang memiliki suhu relatif rendah atau dingin

serta kandungan material berupa gas hidrokarbon. Jenis ini dikenal sebagai gunung lumpur sejati, karena terbentuk murni akibat tekanan fluida dari dalam bumi tanpa pengaruh proses magmatik.

Menurut Kalinko (1964), upaya klasifikasi gunung lumpur dilakukan dengan memperhatikan karakteristik semburan serta bentuk morfologinya. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis terhadap ekspresi permukaan, gunung lumpur dibagi menjadi tiga tipe utama, yaitu:

a) *Type Lokbatan*

Mud vulcano tipe lokbatan memiliki sifat eksplosif, di mana sering terjadi pembakaran atau penyalaan gas yang keluar dari dalam bumi. Biasanya dorongan lumpur breksi merupakan karakteristik dari viskositas yang rendah. Berdasarkan tipe gunung lumpur ini, dorongan tersebut menentukan pembentukan sumur berbentuk kerucut dan curam. Nama *lokbatan* berasal dari lokasi jenis *mud vulcano* di Lokbatan pada Semenanjung Aspherson, Azerbaijan.

b) *Type Chikishlyar*

Mud vulcano tipe *chikishlyar* memiliki karakter yang berbeda dengan tipe pertama, tipe gunung lumpur ini memiliki karakter yang lebih tenang, dengan aktivitas yang lemah namun berlangsung secara terus-menerus. Gas dilepaskan secara berkelanjutan, menghasilkan semburan lumpur dan air dalam jumlah yang relatif kecil, suatu ciri khas dari tipe ini. Pembentukan gunung lumpur jenis ini dipengaruhi oleh keberadaan lapisan air jenuh yang terletak di atas urutan sedimen. Bentuknya umumnya rendah, menyerupai kubah datar atau menonjol yang menyatu dengan lapisan di sekitarnya, bahkan terkadang

membentuk cekungan dangkal berisi air. Tipe gunung lumpur seperti ini banyak ditemukan di Kerch Peninsula, Ukraina.

c) *Type Schugin*

Mud volcano tipe ini memiliki karakteristik aktivitas yang berada pada tahap transisi antara tipe *Lokbatan* dan *Chikishlyar*. Periode letusannya berganti dengan fase aktivitas yang lebih lemah dan stabil. Jenis ini merupakan tipe gunung lumpur yang paling luas persebarannya di dunia, dengan variasi bentuk yang beragam, namun umumnya membentuk kawah komposit sebagai ciri utamanya.

Tidak terdapat keterkaitan langsung antara jenis gunung lumpur dengan pola persebarannya. Secara umum, ketiga tipe gunung lumpur tersebut sangat dipengaruhi oleh litologi lokal serta struktur tektonik dari batuan induk sedimen tempatnya terbentuk.

2.1.3 Faktor Penyebab Keluarnya Lumpur

Beberapa pendapat menyatakan bahwa pemicu terbentuknya gunung lumpur berasal dari gaya endogenik, yaitu gaya yang bekerja dari dalam perut bumi. Fenomena ini pada dasarnya mirip dengan diapir lumpur atau garam, di mana massa material yang bersifat mudah bergerak (*mobile*) menembus lapisan batuan di sekitarnya. Pergerakan ini menimbulkan gaya apung (*buoyancy*) serta tekanan berlebih (*oversaturation*) di bawah permukaan. Ketika material tersebut berhasil menembus hingga ke permukaan bumi, maka terjadilah fenomena yang dikenal sebagai gunung lumpur (*mud volcano*) (Wiranata dkk, 2018).

Ada dua faktor yang menyebabkan terjadinya semburan lumpur yaitu (Dimitrov, 2001):

1. Faktor alam

Kemunculan lumpur panas di berbagai wilayah dunia umumnya berkaitan dengan aktivitas gunung lumpur (*mud volcano*). Komposisinya tersusun atas berbagai material yang berasal dari dalam bumi, meliputi fase padat, plastis, cair, dan gas. Pembentukan gunung lumpur dipicu oleh adanya campuran lumpur dan gas metana yang terperangkap di bawah permukaan dan mengalami tekanan berlebih, sehingga terdorong keluar menuju permukaan bumi. Jalur keluarnya material tersebut biasanya melalui rekahan atau saluran (*konduit*) yang terbentuk akibat aktivitas tektonik, seperti pembentukan patahan atau struktur antiklin.

2. Kegiatan manusia

Aktivitas buatan manusia (*man-made activity*) juga dapat memicu terjadinya semburan lumpur panas, misalnya akibat kegiatan seperti pemasangan *rig* atau pengeboran minyak bumi. Contoh nyata dari peristiwa ini adalah semburan lumpur di Sidoarjo.

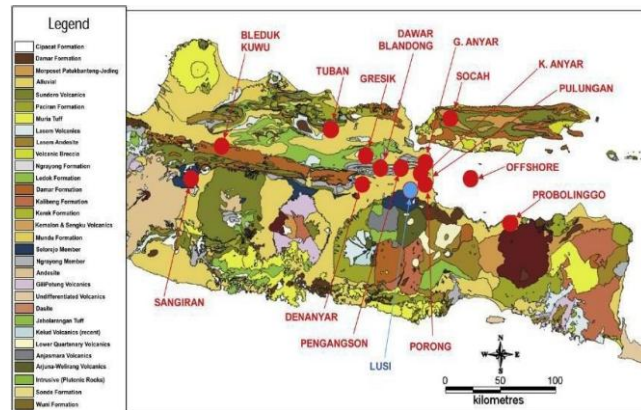
2.1.4 *Mud Vulcano* di Pulau Jawa

Menurut Van Bemmelen (1949), sejarah geologi wilayah Jawa Timur bagian utara telah berlangsung sejak jutaan tahun lalu dan dapat dibagi menjadi tiga zona utama, yaitu bagian selatan yang didominasi oleh aktivitas gunung api aktif, bagian tengah berupa cekungan laut transgresi, serta bagian utara yang merupakan daerah pegunungan. Di bagian tengah, terbentuk karang dan terjadi pengendapan sedimen klastik yang berasal dari wilayah utara. Pada saat yang sama, berlangsung pula aktivitas tektonik dan letusan gunung api besar yang terjadi secara berulang. Akibat intensitas letusan yang tinggi tersebut, lapisan sedimen yang tertimbun oleh

material hasil erupsi tidak sempat mengalami pemadatan sempurna, sehingga masih tersusun atas lumpur dan air.

Di Pulau Jawa tercatat terdapat 14 gunung lumpur (*mud volcano*), dengan 12 di antaranya berada di wilayah Jawa Timur. Sebanyak lima titik tersebar di sekitar patahan Watu Kosek, yaitu Lumpur Sidoarjo, Porong, Pulungan, Kalang Anyar, Gunung Anyar, dan Socah. Dari kelima lokasi tersebut, Lumpur Sidoarjo dan gunung lumpur Gunung Anyar Surabaya dianggap memiliki potensi bahaya tertinggi, karena keduanya terletak di daerah padat penduduk (Badan Lingkungan Hidup Surabaya, 2012).

Beberapa gunung lumpur yang terdapat di Jawa bagian timur antara lain Bledug Kuwu (Grobogan), Sangiran (Sragen), Wringin Anom (perbatasan Gresik–Mojokerto), Kalang Anyar dan Pulungan (Sedati, Sidoarjo), Gunung Anyar (Surabaya), serta Geger (Bangkalan, Madura), dan beberapa lainnya. Dari seluruh gunung lumpur tersebut, yang masih aktif mengeluarkan lumpur dalam jumlah besar hingga kini hanyalah Bledug Kuwu di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Sementara itu, Gunung Lumpur Kalang Anyar, Gunung Anyar, dan Geger masih menunjukkan aktivitas berupa keluarnya air dan lumpur dalam volume kecil seperti pada Gambar 2.2, sedangkan gunung lumpur lainnya, seperti di Sangiran dan Pulungan, hanya mengeluarkan gas yang bercampur air (Istadi, 2009).



Gambar 2.2 Gunung Lumpur yang Terdapat di Pulau Jawa Bagian Timur dan Madura (Istadi, 2009).

2.2 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu teknik dalam geofisika yang mempelajari perambatan arus listrik di dalam bumi serta cara pendeteksiannya dari permukaan. Parameter utama yang diukur adalah tahanan jenis batuan, yang dihasilkan akibat adanya arus listrik dan medan potensial yang diinjeksikan ke bawah permukaan. Secara prinsip, metode ini didasarkan pada konsep aliran arus listrik dalam medium homogen dan isotropis, sehingga penyimpangan dari kondisi ideal (anomali) menjadi objek utama yang diamati. Nilai tahanan jenis batuan berkaitan erat dengan sifat fisik batuan, seperti derajat kejenuhan air, porositas, permeabilitas, serta jenis formasi batumannya (Reynolds, 1997).

Secara umum, metode geolistrik digunakan untuk eksplorasi dangkal dengan kedalaman maksimum sekitar 200 meter. Metode ini kurang efektif untuk eksplorasi dalam, karena arus listrik yang mengalir akan semakin melemah dan tidak stabil seiring bertambahnya kedalaman akibat perubahan bentang medan yang lebih besar. Oleh karena itu, metode geolistrik lebih sering diterapkan untuk pencarian air tanah, eksplorasi panas bumi (*geothermal*), penelitian arkeologi, serta eksplorasi dangkal lainnya.

Prinsip kerja metode geolistrik adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Perbedaan potensial yang timbul kemudian diukur menggunakan dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial pada berbagai jarak antar elektroda, dapat diperoleh variasi nilai tahanan jenis dari tiap lapisan di bawah titik pengukuran. Injeksi arus ini dilakukan menggunakan elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke tanah dengan jarak tertentu, di mana semakin besar jarak AB, maka arus listrik dapat menembus lapisan batuan yang lebih dalam. Dalam metode polarisasi terimbas (*Induced Polarization/IP*), terdapat empat jenis pengukuran, yaitu pengukuran pada domain waktu, domain frekuensi, sudut fasa, dan *Magnetic Induced Polarization (MIP)* (Syamsudin dkk, 2012).

2.3 Metode *Induced Polarization (IP)*

Metode *Induced Polarization (IP)* adalah salah satu metode geofisika yang termasuk dalam cabang dari metode geolistrik. Metode ini merupakan pengembangan dari metode resistivitas geolistrik, sehingga keduanya memiliki prinsip kerja yang hampir serupa. Perbedaan utamanya terletak pada waktu pengukuran potensial, di mana pada metode resistivitas pengukuran dilakukan saat arus listrik diinjeksikan, sedangkan pada metode IP, pengukuran dilakukan setelah arus listrik dimatikan.

Pada metode *Induced Polarization (IP)*, arus listrik searah (DC) diinjeksikan ke dalam tanah melalui sepasang elektroda arus (misalnya elektroda A–B). Ketika arus dialirkan, arus tidak mengalir melalui batuan padat seperti pada kawat, tetapi terutama mengalir melalui air pori yang mengandung ion-ion terlarut. Pergerakan ion-ion ini membentuk aliran arus di bawah permukaan dan

menimbulkan medan listrik. Akibat adanya hambatan listrik (resistivitas) dari material bawah permukaan, muncul beda potensial (tegangan) yang dapat diukur oleh sepasang elektroda potensial (misalnya elektroda M–N). Tegangan yang terukur saat arus masih mengalir disebut tegangan primer (V_0) dan digunakan dalam perhitungan resistivitas semu.

Selain menimbulkan tegangan primer, pengaliran arus DC juga menyebabkan terjadinya polarisasi pada material tertentu. Pada sedimen halus seperti lempung atau lumpur, ion-ion di dalam air pori dapat tertahan dan terakumulasi sementara di sekitar permukaan butir mineral, sehingga terjadi pemisahan muatan pada skala pori. Proses ini membuat bawah permukaan bertindak seperti menyimpan muatan listrik sementara (mirip “kapasitor alami”). Setelah arus DC diputus, tegangan tidak langsung turun menjadi nol, tetapi masih tersisa tegangan yang kemudian meluruh secara bertahap terhadap waktu. Tegangan yang meluruh ini disebut tegangan peluruhan (*decay voltage*) dan mencerminkan proses pelepasan kembali muatan yang sebelumnya tersimpan akibat polarisasi.

Besarnya efek polarisasi dinyatakan sebagai *chargeability*, yaitu ukuran seberapa besar dan seberapa lama tegangan peluruhan terjadi setelah arus dihentikan. Secara umum, *chargeability* dihitung dari besarnya respons peluruhan tegangan terhadap waktu yang dinormalisasi oleh tegangan primer. Nilai *chargeability* cenderung lebih tinggi pada material yang memiliki permukaan butir besar dan pori halus (misalnya lempung/lumpur), sehingga metode IP bermanfaat untuk membedakan zona konduktif yang hanya disebabkan oleh fluida dengan zona

yang dipengaruhi material lempung/lumpur di bawah permukaan (Vebrianto, 2016).

2.3.1 Sumber Penyebab Fenomena IP

Saat arus listrik diinjeksikan ke dalam lapisan batuan, arus tersebut akan memberikan energi kepada material penyusun batuan, yang kemudian tersimpan sebagai energi elektrokimia. Energi elektrokimia ini merupakan hasil dari proses berikut (Eddy, 2010):

- a. Perbedaan kecepatan ion-ion yang bergerak di dalam fluida dari pori-pori batuan
- b. Perbedaan nilai konduktivitas ion dan konduktivitas listrik batuan yang mengandung mineral logam.

Kedua faktor tersebut merupakan pemicu utama munculnya fenomena polarisasi terinduksi (IP) pada batuan.

2.3.2 Jenis-Jenis Polarisasi

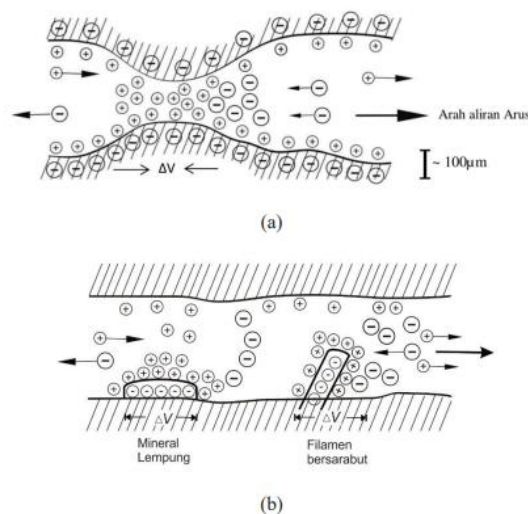
Polarisasi adalah peristiwa menempelnya ion hidrogen pada permukaan lempeng, yang menyebabkan hambatan terhadap pergerakan elektron. Adapun jenis-jenis polarisasi antara lain sebagai berikut:

- a. Polarisasi Membran

Polarisasi membran, atau yang disebut juga polarisasi non-logam, terjadi pada mineral non-logam yang memiliki pori-pori berisi elektrolit. Efek ini juga dapat muncul meskipun batuan non-logam tersebut tidak dialiri arus listrik DC, karena adanya ion-ion negatif pada permukaan mineral. Hambatan terhadap aliran listrik terjadi akibat struktur mineral lempung yang tersusun atas silika-alumina dengan kandungan ion negatif tinggi, yang menarik ion-ion positif dan

membentuk awan muatan positif sedangkan muatan negatif tertolak menjauhi bidang batas permukaan mineral. Akibat terbentuknya awan tersebut, arus listrik DC yang diinjeksikan menjadi terhambat karena mobilitas ion menurun, sehingga timbul hambatan ionik di sepanjang pori-pori batuan pada permukaan mineral lempung (Kearey, 2002).

Ketika arus listrik dialirkan, ion bermuatan positif bergerak searah dengan medan listrik, sedangkan muatan negatif cenderung terperangkap dalam awan muatan positif, sehingga menghambat aliran arus listrik. Saat arus listrik dihentikan, muatan-muatan yang sempat menumpuk tersebut perlahan kembali ke posisi semula, dan proses ini menimbulkan efek polarisasi listrik dengan frekuensi rendah, yang dikenal sebagai efek Normal IP (Telford, 1990).



Gambar 2.3 Distribusi Ion Pada Lapisan Tipis Lempung. (a) merupakan kondisi awal batuan. (b) merupakan kondisi batuan ketika dialiri arus listrik (Telford, 1990).

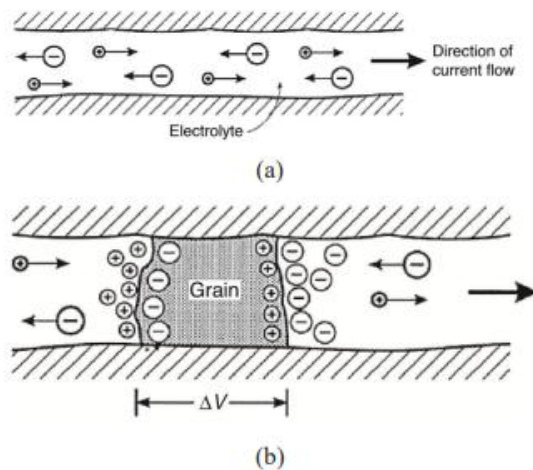
Efek polarisasi membran umumnya ditemukan pada mineral lempung, karena jenis mineral ini memiliki ukuran pori yang sangat kecil dan tergolong non-logam. Ketika awan ion positif dan negatif perlahan menghilang dan kembali ke kondisi semula, maka tidak terjadi lagi proses polarisasi antara

mineral lempung dan larutan elektrolit di sekitarnya. Setiap jenis lempung memiliki tingkat konsentrasi ion yang berbeda-beda (Telford, 1990).

b. Polarisasi Elektroda

Ketika elektroda logam ditempatkan dalam larutan ionik tanpa diberi tegangan listrik, maka muatan dengan polaritas berbeda akan menimbulkan beda potensial alami antara elektroda dan larutan tersebut. Namun, saat tegangan listrik diterapkan, kesetimbangan ion di sekitar elektroda menjadi terganggu akibat adanya proses pengkutuban ion-ion dalam batuan, yang dikenal sebagai potensial diri (*self potential*). Setelah tegangan dihentikan, ion-ion tersebut akan kembali ke keadaan setimbang melalui proses difusi ion (Liani, 2020).

Dalam kondisi geologi, keberadaan partikel mineral logam dalam batuan yang bereaksi dengan larutan ionik dapat menghasilkan beda potensial listrik. Karena bersifat konduktif, mineral logam mampu menghantarkan arus listrik dengan baik di dalam batuan. Saat arus listrik dialirkan, kesetimbangan ion di sekitar mineral logam akan terganggu, sehingga muatan positif dan negatif terakumulasi pada permukaan batas mineral, membentuk sepasang elektroda. Akumulasi ini menimbulkan penumpukan muatan yang menghasilkan beda potensial tambahan, yang dikenal sebagai *Overvoltage* (Liani, 2020).



Gambar 2.4 Distribusi Ion yang Membentuk Potensial Diri. a) merupakan kondisi awal batuan. (b) merupakan kondisi batuan ketika dialiri arus listrik (Liani, 2020).

Pada mekanisme ini, potensial yang dihasilkan memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan potensial yang muncul pada reaksi elektrolit biasa. Akumulasi muatan tersebut membentuk semacam kapasitor alami, di mana saat arus listrik dihentikan, muatan akan tertahan untuk sementara waktu sebelum akhirnya kembali ke posisi semula. Waktu yang dibutuhkan muatan untuk kembali ke keadaan awal ini akan terdeteksi sebagai proses peluruhan potensial, yang kemudian menjadi parameter utama dalam pengukuran metode polarisasi terinduksi (IP) (Liani, 2020).

2.3.3 Nilai *Chargeability*

Nilai *chargeability* setiap batuan berbeda-beda, hal tersebut berkaitan dengan efek polarisasi membran yang terjadi pada batuan dan kandungan mineralnya. Berikut merupakan tabel nilai *chargeability* beberapa mineral dan batuan (Telford et al,1990; Kearay et al, 2002):

Tabel 2.1 Nilai *Chargeability* Mineral dan Batuan (Telford et al; 1990)

Mineral Batuan	<i>Chargeability</i> (msec)
Sulfide 20%	2.000 – 3.000
Sulfide 8-20%	1.000 – 2.000

Sulfide 2-8%	500 – 1.000
Tuff Vulkanik	300 – 800
Batu Pasir, Batu Lumpur	100 – 500
Batu Vulkanik	100 – 500
Shale	50 – 100
Granit, Granodiorit	10 – 50
Batu Gamping, Dolomit	10 – 20

Tabel 2.2 *Chargeability* Materi (Telford et al, 1990; Kearey et al, 2002)

Materi	Chargeability (msec)
Sekis	5 – 20
Kuarsit	5 – 12
Argilit	3 – 10
Kerikil	3 – 9
Alluvium	1 – 4
Air Tanah	0

2.3.4 Pengukuran Fenomena IP

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

a. *Time domain*

Prinsip time domain dilakukan dengan mengamati perbedaan respons batuan yang mengandung atau tidak mengandung mineral konduktif, melalui pengukuran *overvoltage* (kenaikan beda potensial) sebagai fungsi waktu akibat efek polarisasi. Ketika arus listrik dihentikan, penurunan *overvoltage* terhadap waktu diukur, sehingga dapat diperoleh nilai *apparent chargeability* (Ma).

Pengukuran *Induced Polarization* (IP) pada *time domain* dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi, kemudian mengukur beda potensial setelah arus dihentikan hingga tegangan turun mencapai nilai nol. Parameter yang diamati meliputi tegangan primer (V_p), yaitu tegangan saat arus masih mengalir, dan tegangan sekunder (V_s), yaitu tegangan yang terukur selama

proses peluruhan. Nilai *apparent chargeability* (M_a) dihitung dengan membandingkan tegangan primer (V_p) terhadap rata-rata tegangan sekunder (V_s) yang diperoleh melalui integrasi nilai V_s terhadap waktu peluruhan (Akbar, 2004).

Parameter yang dihitung sebagai petunjuk adanya polarisasi dalam domain waktu adalah:

1. Efek induksi polarisasi

Metode ini merupakan pengukuran paling sederhana, yaitu dengan mengamati tegangan residual pada waktu tertentu setelah arus listrik dihentikan. Tegangan residual diukur dalam satuan milivolt (mV), sedangkan tegangan normalnya dinyatakan dalam volt (V). Dampak dari efek polarisasi terinduksi biasanya dinyatakan dalam bentuk rasio milivolt per volt (mV/V) dengan perbandingan: (Vebrianto, 2016)

$$\text{IP Effect} = \frac{V_s}{V_p} \times 100 \quad (2.1)$$

Di mana V_s adalah tegangan sekunder saat (t) setelah arus diputus (milivolt) dan V_p merupakan tegangan primer (volt).

2. *Chargeability* (m)

Merupakan pendekatan yang paling umum digunakan dalam pengukuran polarisasi terinduksi (IP) dengan metode *time domain*, di mana nilai *chargeability* (m) dinyatakan dalam satuan milidetik (ms) dan dirumuskan sebagai berikut: (Rahmi dkk, 2015)

$$M = \frac{1}{V_p} \int V_s(t) dt \quad (2.2)$$

Chargeability menggambarkan lama waktu efek polarisasi bertahan setelah arus listrik dihentikan. Semakin besar nilai M_a , maka waktu

peluruhananya (*delay*) akan semakin lama, yang menandakan adanya keberadaan mineral konduktif di bawah permukaan.

b. *Frequency domain*

Prinsip *frequency domain* dilakukan dengan mengukur respons batuan terhadap adanya atau tidaknya mineral konduktif, melalui pemberian arus dengan dua frekuensi berbeda, yaitu frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Apabila batuan mengandung mineral konduktif, maka nilai resistivitasnya cenderung sama pada kedua frekuensi tersebut. Namun, pada batuan yang bersifat isolatif, resistivitas pada frekuensi tinggi akan lebih rendah dibandingkan dengan resistivitas pada frekuensi rendah (Kearey, 2002).

Parameter yang digunakan sebagai indikator terjadinya polarisasi pada domain frekuensi adalah:

1. *Apparent Resistivity*
2. *Frequency Effect* (FE)
3. PFE (*Percent Frequency Effect*)
4. Metal Faktor

Terdapat dua sumber utama penyebab terjadinya polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah polarisasi membran (*membrane polarization*), yang disebabkan oleh penyempitan pori-pori batuan dan keberadaan mineral lempung (*clay*). Penyempitan pori menghambat pergerakan ion-ion dalam batuan, sehingga arus listrik dapat tersimpan untuk jangka waktu tertentu. Sementara itu, keberadaan *clay* menyebabkan akumulasi ion positif karena permukaan *clay* bermuatan negatif. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda, yang muncul akibat keberadaan mineral logam di dalam pori-pori batuan.

Kondisi ini menyebabkan arus listrik tertahan saat melewati pori-pori tersebut. Secara umum, akuifer air tawar (*freshwater aquifer*) memiliki nilai *chargeability* sekitar 0 ms, sedangkan akuifer air asin (*saline aquifer*) umumnya menunjukkan nilai *chargeability* sekitar 0,2 ms (Bagas, 2017).

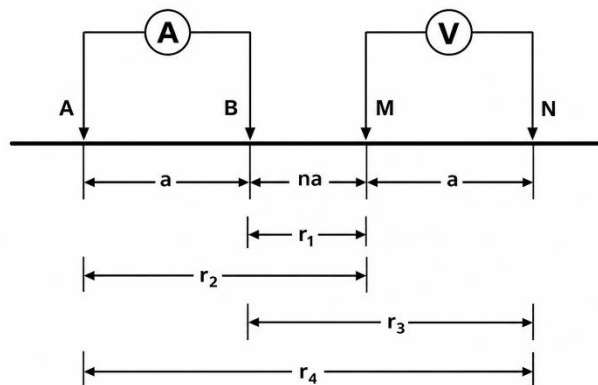
2.3.5 Mineral -Mineral yang Menimbulkan Fenomena IP

Secara umum, mineral logam di dalam kerak bumi biasanya ditemukan dalam bentuk senyawa, seperti senyawa sulfida, yang memiliki kontras konduktivitas tinggi dibandingkan dengan batuan di sekitarnya. Senyawa tersebut bersifat penghantar ionik, sehingga mudah menimbulkan efek polarisasi terinduksi (IP) ketika arus listrik dialirkan ke dalam tanah. Selain itu, beberapa mineral oksida dan grafit juga dapat menunjukkan respon IP. Sedangkan mineral lempung (*clay*), sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, menimbulkan gejala IP melalui mekanisme elektrokinetik.

2.4 Konfigurasi Dipole-Dipole

Metode geolistrik memiliki beberapa jenis konfigurasi elektroda, salah satunya yaitu konfigurasi dipole-dipole. Pada konfigurasi ini, jarak antara pasangan elektroda arus dan elektroda potensial dibuat sama. Proses pengukurannya dilakukan dengan memindahkan elektroda potensial di sepanjang lintasan pengukuran sementara elektroda arus tetap, kemudian elektroda arus digeser ke posisi berikutnya (spasi ke- n) dan diikuti dengan pemindahan kembali elektroda potensial hingga seluruh lintasan terukur. Konfigurasi dipole-dipole dikenal memiliki resolusi horizontal yang baik dan kemampuan penetrasi vertikal yang cukup dalam, tergantung pada nilai n dan jarak spasi yang digunakan (Saputro, 2010).

Secara umum, konfigurasi elektroda yang paling sering digunakan dalam survei geolistrik adalah Wenner dan Schlumberger. Namun, dalam survei ini digunakan konfigurasi dipole-dipole. Konfigurasi ini lebih sesuai untuk mendapatkan citra bawah permukaan yang lebih dalam dibandingkan metode sounding pada konfigurasi Wenner maupun Schlumberger. Selain itu, karena efek elektromagnetik yang dihasilkan antara rangkaian arus dan potensial relatif kecil, konfigurasi dipole-dipole sering diterapkan pada survei-survei resistivitas (Loke, 1999).



Gambar 2.5 Konfigurasi Dipole-Dipole

Konfigurasi dipole-dipole menggunakan dua pasang elektroda, yaitu A dan B sebagai elektroda arus, serta M dan N sebagai elektroda potensial. Masing-masing pasangan elektroda membentuk satu dipol, sehingga dikenal sebagai dipol arus dan dipol potensial. Jarak antar elektroda dalam satu dipol dinyatakan sebagai spasi elektroda (a), yang bersifat konstan selama pengukuran satu lintasan dan berperan dalam menentukan resolusi horizontal pengukuran. Sementara itu, jarak antara dipol arus dan dipol potensial dinyatakan sebagai na , di mana n merupakan faktor pemisahan dipol yang bernilai bilangan bulat ($n = 1, 2, 3$, dan seterusnya). Nilai n menentukan tingkat kedalaman penetrasi arus listrik, sehingga semakin

besar nilai n , maka semakin dalam pula lapisan bawah permukaan yang dapat diinvestigasi.

Pada konfigurasi dipole-dipole, pengukuran beda potensial yang terjadi pada elektroda potensial tidak hanya dipengaruhi oleh satu elektroda arus, melainkan oleh kedua elektroda arus sekaligus. Oleh karena itu, untuk menjelaskan distribusi medan potensial secara fisik, digunakan parameter jarak geometris yang dinyatakan sebagai r_1 , r_2 , r_3 , dan r_4 . Parameter-parameter ini merepresentasikan jarak antara masing-masing elektroda arus dengan elektroda potensial.

- a. r_1 adalah jarak antara elektroda arus A dan elektroda potensial M
- b. r_2 adalah jarak antara elektroda arus B dan elektroda potensial M
- c. r_3 adalah jarak antara elektroda arus A dan elektroda potensial N
- d. r_4 adalah jarak antara elektroda arus B dan elektroda potensial N

Keempat jarak ini memiliki posisi yang berbeda karena elektroda arus dan elektroda potensial tersusun secara berjajar dengan jarak tertentu sepanjang lintasan pengukuran.

Penempatan r_1 , r_2 , r_3 , dan r_4 seperti pada konfigurasi dipole-dipole didasarkan pada prinsip penyebaran medan potensial listrik di dalam medium bumi. Setiap elektroda arus menghasilkan medan potensial yang menyebar radial ke segala arah. Akibatnya, potensial listrik yang terukur pada elektroda potensial merupakan hasil superposisi dari kontribusi kedua elektroda arus. Potensial di elektroda M dipengaruhi oleh jaraknya terhadap A dan B, yang masing-masing direpresentasikan oleh r_1 dan r_2 , sedangkan potensial di elektroda N dipengaruhi oleh jaraknya terhadap A dan B, yang direpresentasikan oleh r_3 dan r_4 .

Beda potensial yang terukur antara elektroda M dan N merupakan hasil selisih dari kontribusi medan potensial keempat jarak tersebut. Secara matematis, hubungan ini menjadi dasar dalam perumusan faktor geometri konfigurasi dipole-dipole, yang kemudian disederhanakan ke dalam bentuk faktor koreksi geometri (K):

$$K = \pi a n(n + 1)(n + 2) \quad (2.3)$$

Dimana:

K : Faktor geometri konfigurasi dipole-dipole (meter)

π : Konstanta pi ($\approx 3,14$)

n : Faktor pemisahan dipol yang bernilai bilangan bulat ($n = 1, 2, 3$ dst)

a : Spasi elektroda (meter)

Faktor geometri ini digunakan untuk mengonversi nilai resistansi terukur menjadi nilai resistivitas semu, serta menjadi dasar dalam perhitungan parameter IP seperti *chargeability* (Suyanto dan Utomo, 2013).

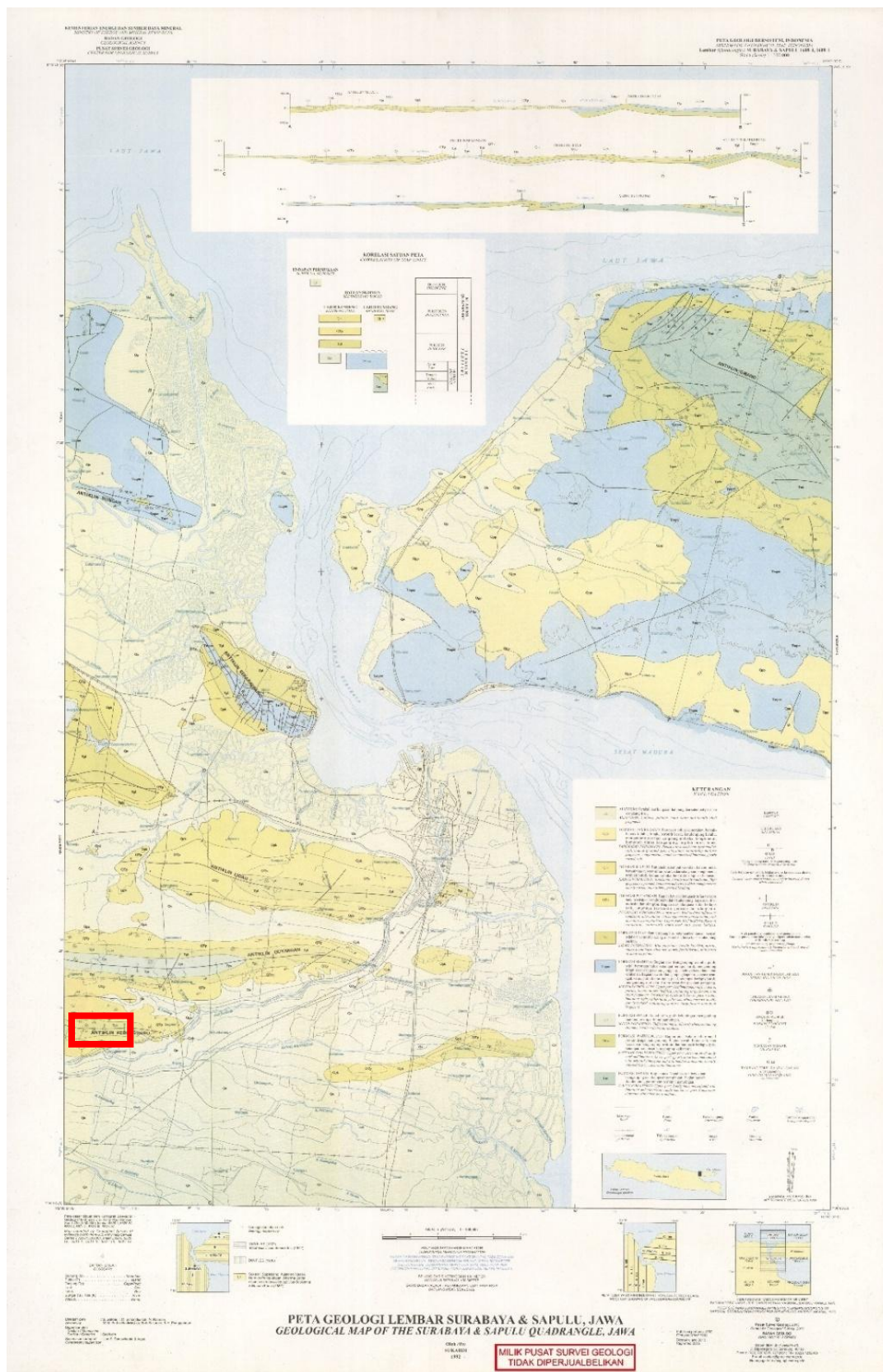
Pelaksanaan konfigurasi dipole-dipole secara manual di lapangan dilakukan dengan cara memasang elektroda sepanjang lintasan pada spasi tetap (misalnya tiap 5 m). Pengukuran dimulai dengan menempatkan elektroda arus pada dua elektroda berurutan (A di elektroda ke-1 dan B di elektroda ke-2), kemudian elektroda potensial ditempatkan pada dua elektroda berurutan berikutnya untuk level $n = 1$ (M di elektroda ke-3 dan N di elektroda ke-4). Setelah pengukuran pada $n = 1$ selesai, elektroda arus A-B umumnya tetap pada posisinya, sedangkan elektroda potensial M-N digeser menjauh satu spasi demi satu spasi untuk memperoleh level berikutnya, misalnya $n = 2$ (M di elektroda ke-4 dan N di elektroda ke-5), $n = 3$ (M di elektroda ke-5 dan N di elektroda ke-6), dan seterusnya hingga batas lintasan.

Setelah pengukuran untuk berbagai level n pada posisi A-B tersebut selesai, konfigurasi kemudian digeser maju dengan memindahkan dipol arus satu spasi ke depan (A di elektroda ke-2 dan B di elektroda ke-3), lalu rangkaian pengukuran $n = 1, 2, 3$, dan seterusnya diulang kembali. Proses ini dilakukan berulang sampai seluruh lintasan terukur.

Hasil pengukuran dipole-dipole biasanya disajikan dalam bentuk *pseudosection*, yaitu penampang semu yang memetakan nilai resistivitas semu atau *chargeability* semu terhadap posisi sepanjang lintasan dan level n . Pada penyajian ini, setiap data pengukuran ditempatkan pada posisi datum tertentu (umumnya titik representatif di antara kedua dipole), dan semakin besar n maka titik data diplot lebih ke bawah untuk menggambarkan investigasi yang lebih dalam. Pola penyebaran titik data akan membentuk bidang seperti segitiga yang menyempit ke arah bawah karena pada level n yang lebih besar diperlukan ruang lintasan yang lebih panjang, sehingga jumlah titik data pada kedalaman semu yang lebih dalam menjadi lebih sedikit (John M. Reynolds, 1997).

2.5 Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Secara regional, wilayah ini termasuk ke dalam Zona Kendeng, yaitu salah satu zona geologi di Jawa Timur yang tersusun oleh endapan sedimen berumur Tersier hingga Kuartar dan telah mengalami deformasi akibat aktivitas tektonik.



Gambar 2.6 Peta Geologi Regional Gresik (Sukardi, 1992).



Gambar 2.7 Geologi Regional *Mud Vulcano Wringinanom*

Lambang Tpi pada peta geologi menunjukkan Formasi Lidah, yaitu satuan batuan berumur Pliosen yang secara litologi didominasi oleh lempung, napal, dan sisipan batupasir halus. Pada peta juga tampak tulisan Antiklin Kedungwaru yang disertai garis sumbu lipatan memanjang berarah relatif barat–timur, yang menunjukkan adanya struktur antiklin utama di sekitar lokasi penelitian. Selain itu, terdapat simbol *strike and dip* lapisan batuan yang disertai angka seperti 10, 18, 20, 25, hingga 45. Angka-angka tersebut menunjukkan besar kemiringan lapisan dalam derajat, sedangkan simbolnya menunjukkan arah kedudukan lapisan batuan. Kehadiran simbol tersebut menandakan bahwa lapisan batuan di daerah penelitian tidak mendatar, tetapi telah mengalami deformasi akibat gaya tektonik. Pada beberapa bagian peta juga tampak simbol tiga lingkaran kecil yang diinterpretasikan sebagai kenampakan manifestasi lumpur di sekitar zona struktur, sehingga semakin memperkuat bahwa wilayah ini merupakan daerah yang dipengaruhi oleh aktivitas geologi bawah permukaan.

Secara struktur geologi, wilayah Gresik termasuk bagian dari Zona Kendeng yang dipengaruhi oleh aktivitas tektonik akibat interaksi Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Tekanan kompresif yang bekerja di wilayah ini menyebabkan terbentuknya struktur lipatan dan sesar dengan arah umum barat–

timur dan barat laut tenggara. Salah satu struktur utama yang berperan di daerah penelitian adalah Sesar Watukosek, yang memanjang dari Mojokerto, Gresik, hingga Madura. Sesar ini menjadi jalur lemah atau conduit bagi migrasi fluida dan gas dari lapisan yang lebih dalam menuju permukaan. Di sekitar lokasi penelitian juga berkembang struktur lipatan berupa Antiklin Kedungwaru, yang tampak jelas pada peta geologi dan berperan penting dalam mengontrol arah migrasi fluida bawah permukaan. Dengan demikian, keberadaan sesar dan antiklin di sekitar Wringinanom menunjukkan bahwa kondisi geologi daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh deformasi tektonik yang intensif.

Sedangkan secara stratigrafi, daerah penelitian berada pada satuan Formasi Lidah (Tpl). Formasi ini merupakan satuan batuan berumur Pliosen yang tersusun atas litologi dominan berupa lempung, napal, dan sisipan batupasir halus, yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga laut agak dalam. Sedimen pada formasi ini umumnya bersifat halus, plastis, dan memiliki permeabilitas rendah. Karakter tersebut menyebabkan Formasi Lidah berpotensi mengalami akumulasi tekanan fluida yang tinggi (*overpressure*), terutama bila tertutup oleh endapan yang lebih muda. Kandungan mineral lempung yang tinggi pada formasi ini menjadikan Formasi Lidah sangat berkaitan dengan keberadaan material lumpur dan sering diasosiasikan sebagai salah satu satuan yang mendukung terbentuknya fenomena gunung lumpur di Zona Kendeng.

2.6 Penelitian Pendahuluan

Berikut ini merupakan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya:

Tabel 2.3 Hasil penelitian tentang *mud volcano*

No	Peneliti	Hasil Penelitian
1	Burhanuddin, Muhammad. (2015)	Penelitian ini menggunakan metode survei lapangan, analisis morfologi, kimia, dan petrografi yang berlokasi di gunung lumpur Wringinanom, Gresik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gunung Lumpur Wringinanom memiliki morfologi kubah tidak beraturan seluas $\pm 200 \times 300 \text{ m}^2$, tersusun atas kubah-kubah kecil hasil pengendapan lumpur. Lumpur mengandung air 70-80%, suhu 34°C, dan pH 6-7. Ditemukan pai lumpur kecil berdiameter $\pm 1 \text{ m}$ yang mengeluarkan gas dengan gelembung 2-3 kali per detik. Fragmen batuan berupa batu pasir, batu lempung pasiran, dan silika menunjukkan material sumber berasal dari lapisan Formasi Kalibeng dan Tawun di Zona Kendeng. Penelitian ini menyimpulkan bahwa aktivitas lumpur di Wringinanom masih aktif secara mikro dan berhubungan dengan sistem sesar regional.
2.	Warnana dkk (2017)	Penelitian yang dilakukan menggunakan metode geofisika terpadu (resistivitas, VLF, magnetik) yang berlokasi di Wringinanom, Gresik. Hasilnya menunjukkan bahwa ditemukan anomali resistivitas sangat rendah ($1-3 \Omega\text{m}$) dan respon VLF kuat di sekitar sumber semburan. Interpretasi menunjukkan adanya zona konduktif vertikal berisi fluida dan lumpur, yang diperkirakan merupakan jalur migrasi fluida dari sistem sesar aktif Kendeng.
3.	Zuhriyatul Umroh (2018)	Penelitian menggunakan metode <i>Induced Polarization</i> (IP) pada kawasan gunung lumpur Desa Jari, Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro. Hasil penelitian menunjukkan adanya sebaran lumpur bawah permukaan yang dicirikan oleh nilai <i>chargeability</i> tinggi hingga 425 msec. Zona anomali tersebut diinterpretasikan sebagai akumulasi material lumpur yang berasosiasi dengan sedimen lempungan dan fluida bawah permukaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode IP efektif digunakan untuk mengidentifikasi distribusi lumpur pada sistem <i>mud volcano</i> di Zona Kendeng.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 04 Oktober 2025. Tempat penelitian terletak di daerah semburan lumpur di Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik. Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Multichannel Multielectrode Resistivity and IP Meter MAE
2. Elektroda arus dan potensial
3. Kabel arus dan potensial
4. Japit buaya multielectrode
5. *Accu* kering
6. Palu
7. HT
8. Payung
9. GPS
10. Kamera
11. Laptop
12. *Software Res2Dinv*
13. *Software 3D Rockworks* dan Blender

3.3 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini memerlukan penerapan beberapa teknik pengumpulan data guna memperoleh data serta informasi yang objektif dan sejalan dengan landasan teori yang digunakan. Adapun metode pengumpulan data yang diterapkan meliputi:

3.3.1 Data Primer

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, survei, dan pengukuran lapangan di wilayah penelitian, yaitu Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik. Proses pengukuran dilakukan menggunakan perangkat geolistrik *multichannel resistivity* dengan menerapkan konfigurasi dipole-dipole.

3.3.2 Data Sekunder

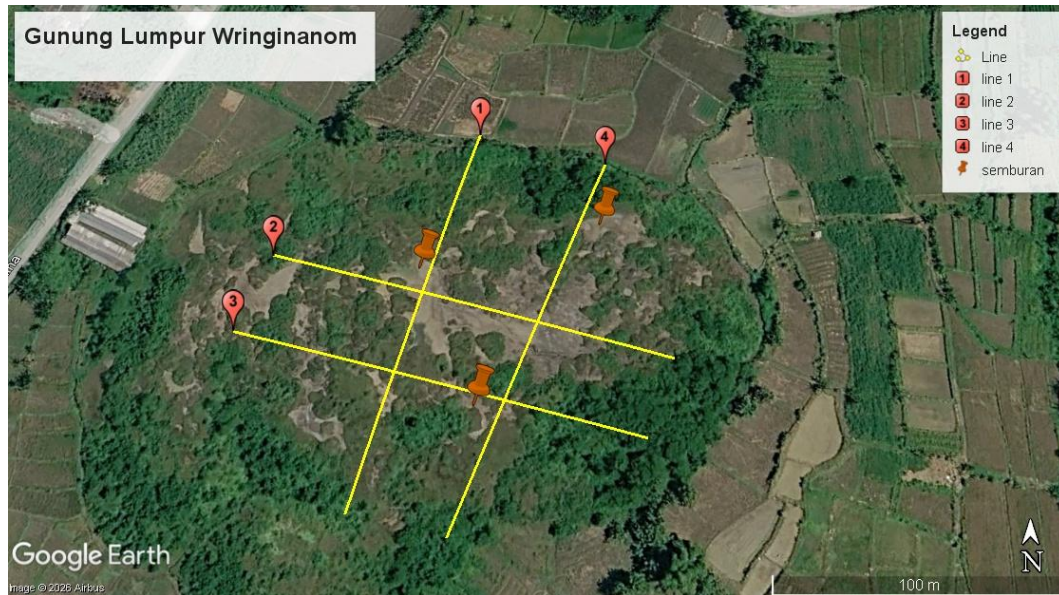
Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui penelusuran literatur, publikasi ilmiah, dan sumber data tambahan lainnya yang memiliki keterkaitan dengan materi penelitian dalam skripsi ini.

3.4 Desain Akuisisi

Konfigurasi : Dipole-Dipole

Jumlah *line* : 4 *line*

Panjang bentangan : *line* 1 (160 meter), *line* 2 (160 meter), *line* 3 (160 meter) dan *line* 4 (160 meter).



Gambar 3.1 Desain Akuisisi Data (Google Earth)

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Prosedur Pengambilan Data Penelitian

Tahapan awal penelitian dilakukan dengan melaksanakan survei lapangan guna mengetahui kondisi geologi wilayah penelitian serta menyusun sketsa lintasan pengukuran. Selanjutnya, dilakukan kajian literatur yang berkaitan dengan teori-teori dan metode yang relevan dengan penelitian ini. Setelah itu, dilakukan proses pengambilan data menggunakan metode *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi dipole-dipole. Pada konfigurasi ini, pasangan elektroda arus (A–B) dan elektroda potensial (M–N) ditempatkan dalam bentuk dua dipol yang dipisahkan oleh jarak tertentu. Penelitian ini menggunakan spasi antar elektroda 5 meter dengan panjang lintasan 160 meter, sehingga jumlah elektroda yang aktif selama pengukuran dapat mencakup seluruh lintasan tanpa perlu memindahkan posisi elektroda.

Pemilihan konfigurasi dipole–dipole dilakukan karena konfigurasi ini memiliki resolusi lateral yang tinggi, sehingga lebih mampu menggambarkan

perubahan sifat fisis batuan secara horizontal. Hal ini sangat penting untuk memetakan sebaran lateral lumpur, zona konduktif, dan batas-batas litologi yang berkaitan dengan aktivitas *mud volcano*. Selain itu, konfigurasi ini juga sensitif terhadap variasi resistivitas dan *chargeability*, sehingga mendukung identifikasi material konduktif seperti lumpur jenuh air, lempung, maupun material fluida lainnya.

Pada penerapannya, alat resistivitymeter multichannel mengatur *switching* elektroda A, B, M, dan N secara otomatis, sehingga setiap kombinasi pengukuran dapat direkam tanpa perpindahan manual elektroda. Pengukuran dilakukan pada beberapa tingkat pemisahan dipol (n-level), yaitu $n = 1, 2, 3$, dan seterusnya, sesuai kemampuan alat. Semakin besar nilai n , maka jarak antar dipol bertambah dan kedalaman investigasi meningkat. Dengan spasi elektroda 5 meter, konfigurasi ini memungkinkan kedalaman penetrasi mencapai rentang 10–40 meter tergantung n-level yang diperoleh selama pengambilan data. Metode pengambilan data di lokasi penelitian dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Membentangkan kabel multielektroda sepanjang lintasan sejauh 160 meter pada 4 lintasan pengukuran.
2. Mencatat koordinat pada setiap lintasan menggunakan GPS.
3. Memasang elektroda di setiap titik pengukuran dengan spasi antar elektroda sepanjang 5 meter.
4. Menghubungkan setiap elektroda yang terpasang pada *multichannel resistivitymeter* dengan menggunakan jipit buaya *multielectrode*.

Data yang diperoleh di lapangan yaitu:

1. Posisi elektroda konfigurasi dipole-dipole (A, B, M, N)
2. Besar arus yang diinjeksikan (I)
3. Beda potensial yang terukur (V)
4. Potensial spontan (PS)
5. Nilai resistivitas semu (ρ_a)
6. Nilai chargeability (M)

3.5.2 Prosedur Pengolahan Data

Data lapangan yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* untuk menghasilkan citra dua dimensi (2D). Untuk prosedur pengolahan data sebagai berikut:

1. Data diolah menggunakan *software MS Excel* sebelum dimasukkan ke *software Res2Dinv*.

<u>line</u>	<u>spasi</u>	<u>n</u>	<u>resis semu</u>	<u>chargeability</u>
7.5	5	1	1.80	155.17
12.5	5	1	12.05	353.56
17.5	5	1	1.62	210.76
22.5	5	1	58.37	337.09
27.5	5	1	29.95	283.79
32.5	5	1	1.54	318.44
37.5	5	1	1.02	514.57
42.5	5	1	0.91	375.35

Gambar 3.2 Pengolahan Data di Excel

Dimana:

- a) Line atau datum point merupakan posisi titik pengukuran pada lintasan yang diperoleh dari titik tengah konfigurasi elektroda
- b) Spacing merupakan jarak antar elektroda yang digunakan selama pengukuran

- c) n merupakan faktor level pengukuran pada konfigurasi dipole-dipole yang menunjukkan tingkat pembesaran jarak elektroda potensial terhadap elektroda arus
- d) Resistivitas semu dan *chargeability* adalah nilai resistivitas dan nilai polarisasi terimbas hasil pengukuran lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengecekan ulang terhadap kelengkapan data, kesesuaian urutan data, dan kemungkinan adanya kesalahan pencatatan sebelum dilakukan proses konversi data.

2. Konversi data ke format DAT menggunakan notepad

```
LUMPUR WRINGINANOM
5
3
321
1
1
Chargeability
msec
0.15, 1.1
7.5 5 1 1.80 155.17
12.5 5 1 12.05 353.56
17.5 5 1 1.62 210.76
22.5 5 1 58.37 337.09
27.5 5 1 29.95 283.79
32.5 5 1 1.54 318.44
37.5 5 1 1.02 514.57
42.5 5 1 0.91 375.35
```

Gambar 3.3 Pengolahan Data di Notepad

Dimana

- a) Baris pertama merupakan judul pemodelan
- b) Baris kedua merupakan spasi antar elektroda
- c) Baris ketiga merupakan konfigurasi yang digunakan (wenner = 1, pole-pole = 2, dipole-dipole = 3, pole-dipole = 6, schlumberger = 7)
- d) Baris keempat merupakan jumlah data pengukuran yang akan diproses
- e) Baris kelima masukkan angka 1
- f) Baris keenam, 1 untuk IP dan 0 untuk resistivitas

- g) Baris ketujuh merupakan tipe dari data IP (M atau MF)
- h) Baris kedelapan merupakan satuan datanya
- i) Baris kesembilan merupakan delay, integration time
- j) Baris kesepuluh merupakan data yang diinput (kolom 1=datum points, kolom 2=spasi, kolom 3=n, kolom 4=nilai resis, kolom 5=nilai *chargeability*)

Format tersebut digunakan agar perangkat lunak Res2DInv dapat mengenali konfigurasi survei dan parameter geolistrik yang akan diinversi.

3. Melakukan pembuatan penampang dengan *software Res2DInv*.
4. Pembuatan penampang menggunakan *software Res2DInv* dilakukan dengan cara berikut:
 - a. Buka *software Res2DInv*.
 - b. Klik File, lalu *Read Data File* dan buka data yang formatnya DAT.
 - c. Klik menu *inversion*, pilih *inversions methode and setting* lalu pilih *choose logarythm of apparent resistivity*.
 - d. Untuk pemodelan, pilih menu *inversion* dan klik *last-square inversion* maka didapatkan model penampang 2D dengan parameter nilai resistivitas.
 - e. Untuk melihat pemodelan parameter nilai *chargeability*, klik *display* dan pilih *shows inversion result*. Kemudian *File* lalu pilih *read data file with inversion result*. Buka data yang formatnya *inv*.
 - f. Klik menu *display sections*, lalu klik *choose display resistivity or IP* kemudian pilih *display IP*, Maka didapatkan model penampang 2D parameter nilai chargeabilitas.

5. Tahap berikutnya, data penampang hasil inversi diolah lebih lanjut dengan perangkat lunak blender untuk membentuk visualisasi tiga dimensi (3D).
6. Melakukan analisa dari hasil masing-masing pengolahan data.
7. Kemudian melakukan interpretasi sehingga didapatkan kesimpulannya.
8. Pengolahan data telah selesai.

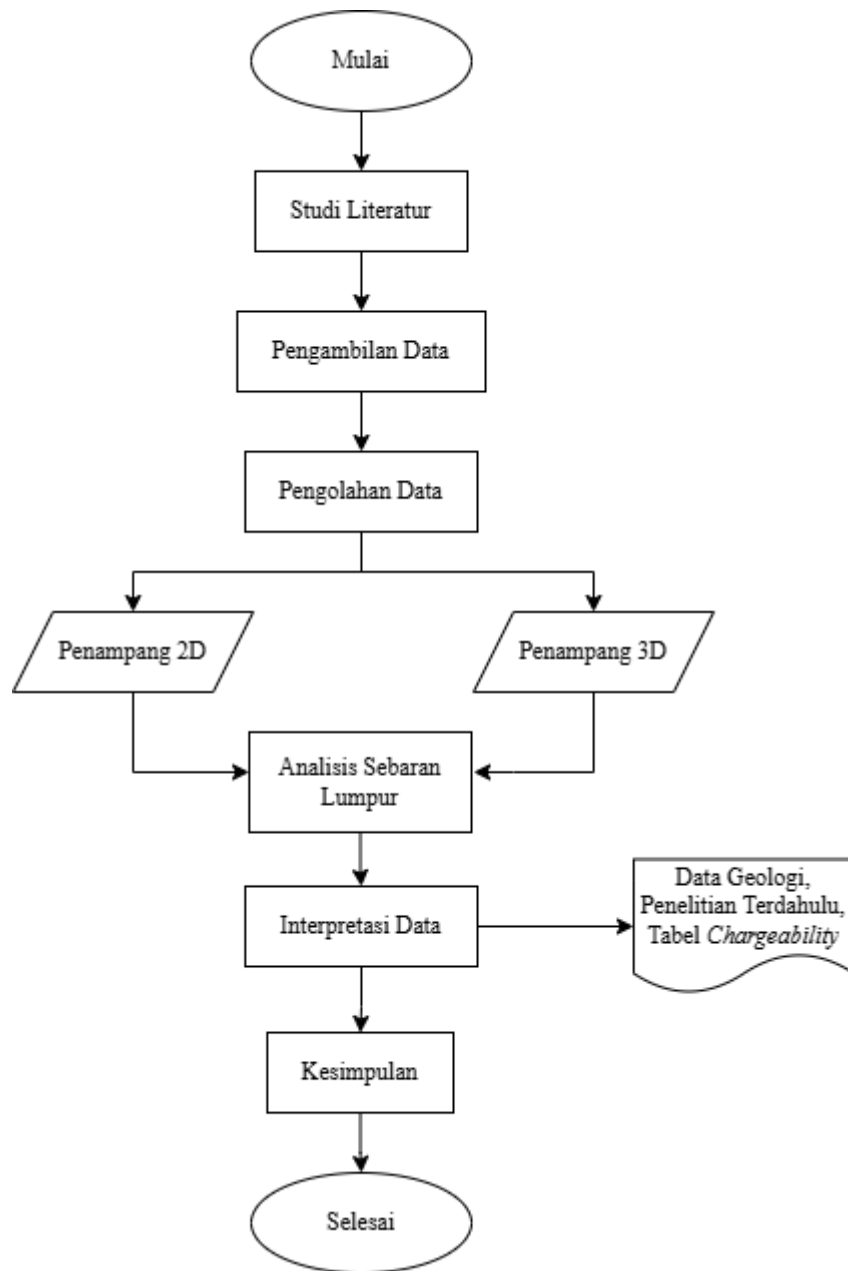
3.6 Interpretasi dan Analisis Data

Metode interpretasi data dilakukan dengan membandingkan nilai *chargeability* yang diperoleh dari hasil pengolahan Res2Dinv dengan nilai *chargeability* acuan dari referensi. Data yang telah diinterpretasikan kemudian dianalisis untuk mengetahui area yang berpotensi sebagai zona aktivitas semburan lumpur (*mud volcano*). Analisis data ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran di lokasi penelitian dengan data geologi daerah setempat, sehingga dapat diketahui kondisi litologi bawah permukaan serta wilayah yang terindikasi sebagai zona sebaran semburan lumpur.

Tabel 3.1 Nilai *Chargeability* Mineral, Batuan dan Materi di lokasi (Telford *et al*, 1990; Kearey *et al*, 2002)

Mineral Batuan	<i>Chargeability</i> (msec)
Air tanah	0
Alluvium	1 – 4
Argilit	3 – 10
Shale/shale	50 – 100
Batu pasir/sandstone	100 – 500
Batu lumpur/mudstone	100 – 500
Lempung	1 – 1000

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akuisisi Data

Lokasi penelitian di kawasan Gunung Lumpur Wringinanom, tepatnya di Dusun Pengangson, Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik. Pada penelitian ini diambil 4 lintasan yang ditempatkan secara strategis mengelilingi area semburan lumpur yaitu:

1. Lintasan 1 berarah timur laut-barat daya sepanjang 160 meter, dengan posisi 0 meter berada di koordinat $-7.3813888^{\circ}\text{LS } 112.5122778^{\circ}\text{BT}$ sampai $-7.38275^{\circ}\text{LS } 112.5118612^{\circ}\text{BT}$ Lintasan ini berada pada bagian barat/tengah area Gunung Lumpur Wringinanom dan memotong area gunung lumpur hampir tegak lurus.
2. Lintasan 2 berarah barat laut-tenggara sepanjang 160 meter, dengan posisi 0 meter berada di koordinat $-7.3818333^{\circ}\text{LS } 112.5116112^{\circ}\text{BT}$ sampai $-7.3822222^{\circ}\text{LS } 112.513^{\circ}\text{BT}$. Lintasan ini berada di sebelah utara Gunung Lumpur Wringinanom.
3. Lintasan 3 berarah barat laut-tenggara sepanjang 160 meter, dengan posisi 0 meter berada di koordinat $-7.3821388^{\circ}\text{LS } 112.5115555^{\circ}\text{BT}$ sampai $-7.3825^{\circ}\text{LS } 112.5128888^{\circ}\text{BT}$. Lintasan ini berada di sebelah selatan Gunung Lumpur Wringinanom dan posisinya relatif sejajar dengan lintasan 2.
4. Lintasan 4 berarah timur laut-barat daya sepanjang 160 meter, dengan posisi 0 meter berada di koordinat $-7.3815^{\circ}\text{LS } 112.5128333^{\circ}\text{BT}$ sampai $-7.3827778^{\circ}\text{LS } 112.5123333^{\circ}\text{BT}$. Lintasan ini berada di sebelah timur Gunung Lumpur Wringinanom dan hampir sejajar dengan lintasan 1.

Pengambilan data lapangan dilakukan menggunakan metode geolistrik *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi dipole-dipole memakai alat resistivitymeter multichannel. Pada proses ini, elektroda cukup ditanam sekali tanpa perlu digeser secara berkala, karena sistem pengukuran telah diatur secara otomatis oleh alat resistivitymeter. Parameter yang diperoleh secara langsung di lapangan meliputi nilai arus (I), tegangan (V), resistivitas (ρ_a) dan *chargeability* (M). Seluruh data hasil pengukuran tersebut kemudian tersimpan dalam format DAT yang selanjutnya digunakan sebagai data masukan untuk proses pengolahan menggunakan perangkat lunak RES2DINV.

4.2 Analisis Hasil

Interpretasi litologi pada penelitian ini tidak hanya didasarkan pada nilai *chargeability* hasil inversi metode *Induced Polarization* (IP), tetapi juga mempertimbangkan kondisi geologi daerah penelitian, stratigrafi regional, penelitian terdahulu, serta hasil observasi lapangan. Pendekatan tersebut dilakukan untuk meminimalkan ketidakpastian interpretasi karena nilai *chargeability* dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kandungan mineral lempung, tingkat kejenuhan fluida, porositas, dan kondisi material bawah permukaan.

4.2.1 Dasar Interpretasi Berdasarkan Nilai *Chargeability*

Interpretasi awal dilakukan berdasarkan perbedaan nilai *chargeability* yang ditunjukkan oleh variasi warna pada penampang hasil inversi. Nilai *chargeability* yang rendah diinterpretasikan sebagai material yang relatif lebih kompak dan memiliki kandungan lumpur yang rendah. Sebaliknya, peningkatan nilai *chargeability* menunjukkan semakin besarnya pengaruh fluida dan material lumpur pada bawah permukaan.

Berdasarkan distribusi nilai *chargeability* pada seluruh lintasan, material bawah permukaan kemudian dikelompokkan menjadi empat zona interpretasi, yaitu lempung pasir padat, dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur, zona parsial antara lempung dan lumpur, serta dominasi lumpur dengan asosiasi lempung. Pembagian tersebut dilakukan untuk menggambarkan perubahan karakter material dari kondisi yang relatif padat hingga kondisi yang semakin didominasi oleh lumpur dan fluida.

4.2.2 Dasar Interpretasi Berdasarkan Stratigrafi Formasi Lidah

Daerah penelitian berada pada satuan Formasi Lidah (Tpl) berdasarkan Peta Geologi Lembar Surabaya-Sapulu. Formasi Lidah tersusun atas batulempung berwarna biru hingga kehitaman, bersifat kenyal dan menjadi keras ketika kering, serta mengandung sisipan tipis batupasir halus. Litologi tersebut menunjukkan bahwa satuan ini didominasi oleh material berukuran halus yang kaya mineral lempung. Karakteristik Formasi Lidah sangat berkaitan dengan perkembangan fenomena gunung lumpur di Zona Kendeng karena memiliki permeabilitas rendah dan berpotensi menyimpan fluida dalam jumlah besar. Oleh karena itu, interpretasi litologi pada penelitian ini difokuskan pada variasi material lempungan, lempung pasir, dan lumpur yang berkembang dalam satuan Formasi Lidah.

4.2.3 Litologi di Lokasi Penelitian

Interpretasi litologi pada penelitian ini juga didukung oleh hasil observasi lapangan yang dilakukan di area Gunung Lumpur Wringinanom. Observasi lapangan digunakan sebagai data pendukung untuk membandingkan hasil

interpretasi nilai chargeability dengan kondisi material yang tersingkap di permukaan. Material yang ditemukan di lapangan menunjukkan karakteristik yang sesuai dengan litologi penyusun Formasi Lidah, yaitu didominasi oleh material lempungan, lempung pasir, dan lumpur yang memiliki tingkat kejenuhan fluida yang berbeda-beda.



Gambar 4.1 Material Lempung Pasiran Padat

Material pada Gambar 4.1 menunjukkan tekstur yang relatif kompak dengan warna coklat muda hingga abu-abu kecoklatan. Material ini masih mampu mempertahankan bentuknya dan tidak menunjukkan sifat plastis yang dominan. Berdasarkan karakteristik fisiknya, material tersebut diinterpretasikan sebagai lempung pasir padat. Keberadaan butiran pasir dalam matriks lempung menunjukkan bahwa material masih memiliki kandungan pasir yang cukup tinggi dibandingkan kandungan lumpurnya. Zona ini diinterpretasikan sebagai material yang relatif kompak dan belum banyak dipengaruhi oleh akumulasi fluida yang memiliki nilai chargeability rendah sekitar 0-100 msec.



Gambar 4.2 Material Dominasi Lempung Pasiran Berasosiasi Lumpur

Material pada Gambar 4.2 menunjukkan campuran antara matriks lempung dan butiran pasir dengan ukuran yang bervariasi. Kehadiran material halus yang masih mendominasi menunjukkan bahwa material tersebut merupakan lempung pasiran yang telah mengalami pengaruh lumpur. Berdasarkan kondisi tersebut, material diinterpretasikan sebagai dominasi lempung pasiran dengan asosiasi lumpur sekitar 30%. Nilai chargeabilitynya lebih tinggi dibandingkan material sebelumnya menunjukkan peningkatan kandungan fluida dan material lumpur pada pori-pori sedimen.



Gambar 4.3 Material Parsial Lempung dan Lumpur

Material pada Gambar 4.3 memperlihatkan warna abu-abu gelap hingga kehitaman dengan tekstur yang mulai plastis namun masih mempertahankan

sebagian bentuk padatnya. Material ini menunjukkan kondisi transisi antara lempung dan lumpur sehingga diinterpretasikan sebagai zona parsial lempung dan lumpur dengan proporsi yang relatif seimbang. Nilai chargeability pada rentang ini mengindikasikan peningkatan kandungan fluida yang menyebabkan material menjadi lebih plastis dibandingkan material pada kelas sebelumnya.



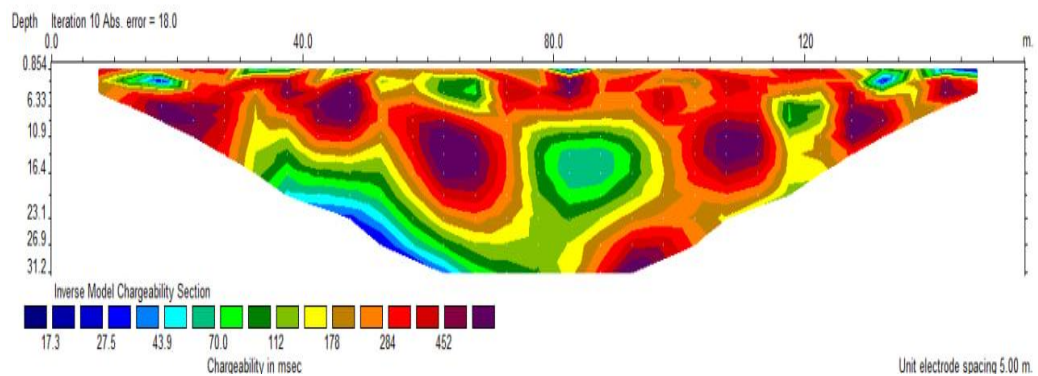
Gambar 4.4 Material Dominasi Lumpur Berasosiasi Lempung

Material pada Gambar 4.4 menunjukkan adanya lumpur aktif yang masih mengeluarkan gelembung gas pada permukaannya. Lumpur berwarna abu-abu terang tersebut memiliki kandungan air yang tinggi dan bersifat sangat plastis. Keberadaan gelembung gas menunjukkan bahwa masih terjadi migrasi fluida dari bawah permukaan menuju permukaan. Berdasarkan karakteristik tersebut, material diinterpretasikan sebagai dominasi lumpur dengan asosiasi lempung sekitar 90%. Nilai chargeability tinggi pada material ini menunjukkan dominasi material lumpur yang kaya fluida sehingga sangat sesuai dengan kondisi aktual yang dijumpai pada area manifestasi Gunung Lumpur Wringinanom.

4.3 Interpretasi Data

4.3.1 Lintasan 1

Lintasan 1 berada di sisi barat Gunung Lumpur Wringinanom. Inversi menggunakan 10 iterasi menghasilkan model penampang chargeability 2D dengan kedalaman investigasi 31.2 meter dan nilai absolut error 18.0%.



Gambar 4.5 Model Penampang 2D Lintasan 1

Berdasarkan hasil analisis lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 1

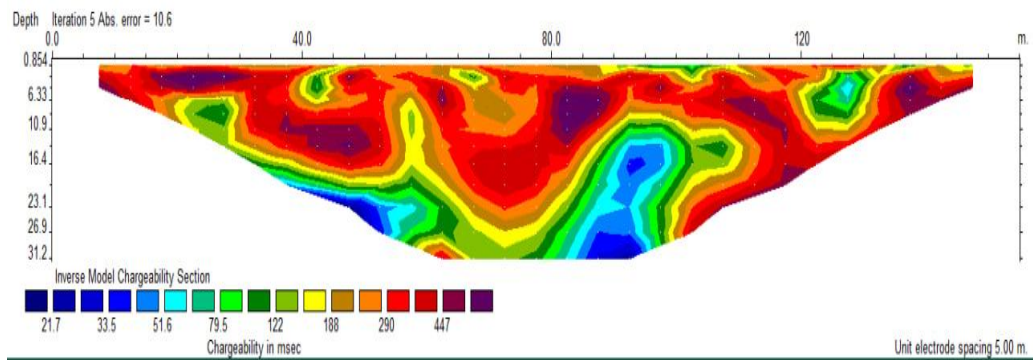
No	Skala warna	Nilai <i>chargeability</i> (msec)	Jenis batuan/material
1		17.3 – 43.9	lempung pasir padat
2		44 – 112	dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur
3		113 – 284	parsial lempung dan lumpur
4		285 – 452	dominasi lumpur dengan asosiasi lempung

Nilai chargeability pada lintasan 1 berkisar antara 17,3 msec hingga 452 msec. Berdasarkan Tabel 4.1, zona berwarna biru tua hingga biru dengan nilai chargeability 17,3 - 43,9 msec diinterpretasikan sebagai lempung pasir padat. Nilai chargeability yang relatif rendah menunjukkan material masih didominasi sedimen yang kompak dengan kandungan lumpur yang relatif sedikit. Pada zona ini pengaruh fluida belum dominan sehingga material masih mempertahankan sifat padatnya. Zona berwarna biru muda hingga hijau dengan nilai chargeability 44 - 112 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur sekitar 30%. Peningkatan nilai chargeability menunjukkan mulai adanya akumulasi fluida dan material lumpur yang bercampur dengan sedimen lempung pasir. Namun material padat masih lebih dominan dibandingkan lumpur.

Zona berwarna hijau muda hingga oranye dengan nilai chargeability 113 - 284 msec diinterpretasikan sebagai zona parsial antara lempung dan lumpur dengan proporsi yang relatif seimbang. Nilai chargeability yang lebih tinggi menunjukkan peningkatan kandungan fluida dan material lumpur sehingga material bawah permukaan berada pada kondisi transisi dari sedimen padat menuju lumpur. Zona dengan nilai chargeability tertinggi berwarna merah hingga ungu (285 - 452 msec) diinterpretasikan sebagai dominasi lumpur dengan asosiasi lempung. Nilai chargeability yang tinggi menunjukkan material telah didominasi oleh lumpur dan fluida bawah permukaan, sedangkan material lempung hanya tersisa sebagai komponen penyerta. Zona ini diinterpretasikan sebagai bagian yang paling aktif dalam sistem migrasi lumpur bawah permukaan.

4.3.2 Lintasan 2

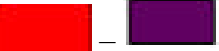
Lintasan 2 berada di sisi utara Gunung Lumpur Wringinanom. Inversi dilakukan dengan 5 iterasi menghasilkan model penampang chargeability 2D kedalaman 31.2 meter dengan nilai absolut error 10.6%, terendah di antara keempat lintasan.



Gambar 4.6 Model Penampang 2D Lintasan 2

Berdasarkan hasil analisis lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 2

No	Skala warna	Nilai chargeability (msec)	Jenis batuan/material
1		21.7 – 51.6	lempung pasir padat
2		51.7 – 112	dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur
3		123 – 291	parsial lempung dan lumpur
4		292 – 447	dominasi lumpur dengan asosiasi lempung

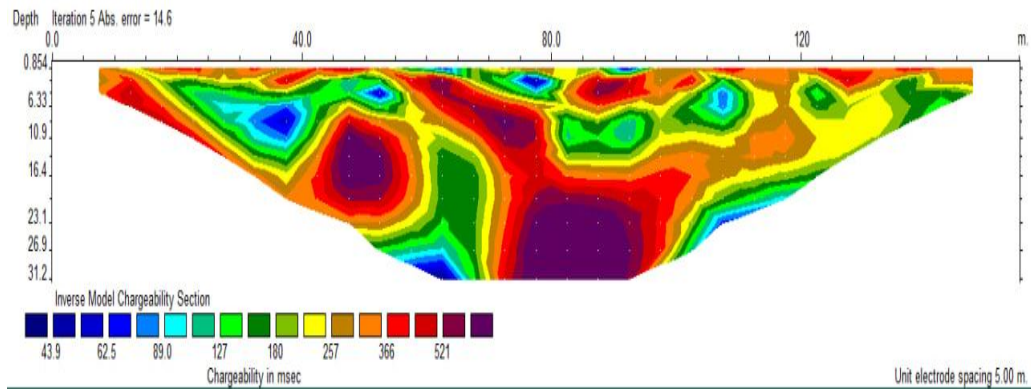
Nilai chargeability pada Lintasan 2 berkisar antara 21,7 msec hingga 447 msec. Berdasarkan Tabel 4.2, zona berwarna biru tua hingga biru muda dengan nilai chargeability 21,7 - 51,6 msec diinterpretasikan sebagai lempung pasir padat. Zona ini menunjukkan material yang relatif kompak dengan kandungan lumpur yang masih rendah sehingga menghasilkan respons chargeability yang kecil. Zona berwarna biru muda hingga hijau dengan nilai chargeability 51,7 - 122 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur sekitar 30%. Keberadaan lumpur mulai memengaruhi respons chargeability, namun material padat masih mendominasi litologi bawah permukaan pada zona ini.

Zona berwarna hijau hingga oranye dengan nilai chargeability 123 - 290 msec diinterpretasikan sebagai zona parsial antara lempung dan lumpur dengan proporsi yang relatif seimbang. Zona ini menunjukkan peningkatan kandungan fluida dan material lumpur dibandingkan zona sebelumnya sehingga mencerminkan kondisi transisi dari sedimen padat menuju material yang lebih lunak. Zona berwarna merah hingga ungu dengan nilai chargeability 291 - 447 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lumpur dengan asosiasi lempung sekitar 90%. Zona ini menunjukkan akumulasi material lumpur yang kaya fluida, namun persebarannya relatif terbatas dibandingkan lintasan lainnya.

Secara umum, Lintasan 2 didominasi oleh zona lempung pasir dan lempung pasir yang berasosiasi dengan lumpur. Sebaran zona dengan chargeability tinggi relatif tidak seluas lintasan 1 dan lintasan 4 sehingga lintasan ini diinterpretasikan sebagai zona pinggir yang masih dipengaruhi oleh sistem gunung lumpur namun dengan intensitas yang lebih rendah.

4.3.3 Lintasan 3

Lintasan 3 berada di sisi selatan Gunung Lumpur Wringinanom, sejajar lintasan 2. Inversi dilakukan dengan 5 iterasi menghasilkan model penampang chargeability 2D kedalaman 31.2 meter dan nilai absolut error 14.6%.



Gambar 4.7 Model Penampang 2D Lintasan 3

Berdasarkan hasil analisis lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 3

No	Skala warna	Nilai chargeability (msec)	Jenis batuan/material
1		43.9 – 89	lempung pasir padat
2		90 – 180	dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur
3		181 – 366	parsial lempung dan lumpur
4		367 – 521	dominasi lumpur dengan asosiasi lempung

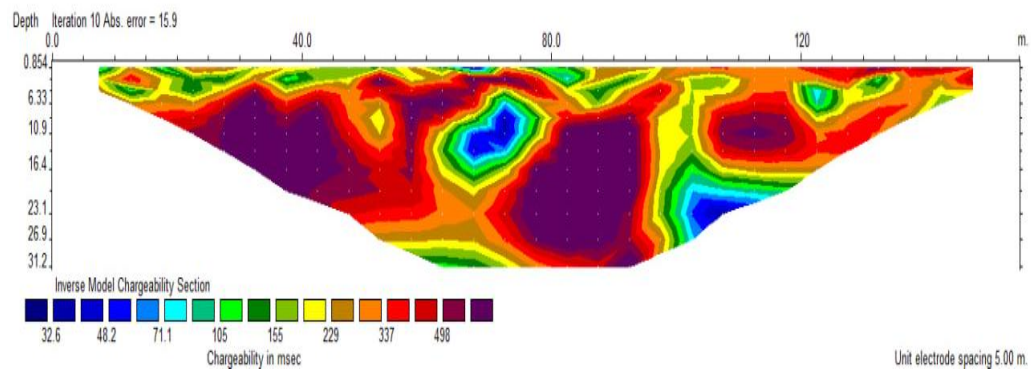
Nilai chargeability pada Lintasan 3 berkisar antara 43,9 msec hingga 521 msec. Berdasarkan Tabel 4.3, zona berwarna biru hingga biru muda dengan nilai chargeability 43,9 - 89 msec diinterpretasikan sebagai lempung pasir padat. Zona ini menunjukkan material yang masih relatif kompak dan memiliki kandungan lumpur yang rendah. Zona berwarna biru muda hingga hijau dengan nilai chargeability 89,1 - 180 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur sekitar 30%. Nilai chargeability yang lebih tinggi dibandingkan zona sebelumnya menunjukkan mulai meningkatnya kandungan fluida dan material lumpur di dalam sedimen.

Zona berwarna hijau hingga oranye dengan nilai chargeability 181 - 366 msec diinterpretasikan sebagai zona parsial antara lempung dan lumpur dengan proporsi yang relatif seimbang. Zona ini berkembang cukup luas pada lintasan dan menunjukkan adanya proses pencampuran antara material lempung dengan lumpur yang bermigrasi dari zona yang lebih aktif. Zona berwarna merah hingga ungu dengan nilai chargeability 367 - 521 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lumpur dengan asosiasi lempung sekitar 90%. Nilai chargeability yang tinggi menunjukkan keberadaan material lumpur yang kaya fluida dan berkembang terutama pada bagian tengah hingga bawah lintasan.

Secara umum, Lintasan 3 menunjukkan perkembangan zona parsial lempung dan lumpur yang cukup luas serta keberadaan zona dominasi lumpur pada beberapa bagian lintasan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa lintasan tersebut berperan sebagai zona akumulasi lateral material lumpur yang bermigrasi dari jalur utama sistem gunung lumpur Wringinanom.

4.3.4 Lintasan 4

Lintasan 4 berada di sisi timur Gunung Lumpur Wringinanom dengan orientasi utara-selatan. Inversi dilakukan dengan 10 iterasi menghasilkan model penampang chargeability 2D kedalaman 31.2 meter dan nilai absolut error 15.9%.



Gambar 4.8 Model Penampang 2D Lintasan 4

Berdasarkan hasil analisis lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 4

No	Skala warna	Nilai chargeability (msec)	Jenis batuan/material
1		32.6 – 71.1	lempung pasiran padat
2		71.2 – 155	dominasi lempung pasiran dengan asosiasi lumpur
3		156 – 337	parsial lempung dan lumpur
4		338 - 498	dominasi lumpur dengan asosiasi lempung

Nilai chargeability pada Lintasan 4 berkisar antara 32,6 msec hingga 498 msec. Berdasarkan Tabel 4.4, zona berwarna biru tua hingga biru muda dengan

nilai chargeability 32,6 - 71,1 msec diinterpretasikan sebagai lempung pasir padat. Zona ini menunjukkan material yang relatif kompak dengan kandungan lumpur yang rendah. Zona berwarna biru muda hingga hijau dengan nilai chargeability 71,2 - 155 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lempung pasir dengan asosiasi lumpur sekitar 30%. Zona ini menunjukkan mulai meningkatnya kandungan fluida dan lumpur pada material bawah permukaan.

Zona berwarna hijau hingga oranye dengan nilai chargeability 156 - 337 msec diinterpretasikan sebagai zona parsial antara lempung dan lumpur dengan proporsi yang relatif seimbang. Keberadaan zona ini menunjukkan adanya proses transisi dari sedimen yang relatif padat menuju material lumpur yang lebih dominan. Zona berwarna merah hingga ungu dengan nilai chargeability 338 - 498 msec diinterpretasikan sebagai dominasi lumpur dengan asosiasi lempung sekitar 90%. Zona ini berkembang cukup luas pada bagian tengah hingga bawah lintasan dan menunjukkan keberadaan material lumpur yang kaya fluida.

Secara umum, Lintasan 4 memperlihatkan dominasi zona dengan nilai chargeability tinggi yang lebih luas dibandingkan lintasan lainnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lintasan ini merupakan salah satu jalur migrasi utama lumpur bawah permukaan dan berhubungan langsung dengan pusat aktivitas sistem gunung lumpur Wringinanom.

4.3.5 Interpretasi Sebaran Lumpur & Struktur Geologi Bawah Permukaan

Interpretasi litologi pada penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan empat sumber informasi, yaitu hasil inversi nilai chargeability, kondisi geologi regional berdasarkan Peta Geologi Lembar Surabaya–Sapulu, observasi singkapan batuan di lapangan, serta hasil penelitian terdahulu pada kawasan mud

volcano di Zona Kendeng. Pendekatan tersebut digunakan agar interpretasi litologi tidak hanya didasarkan pada nilai chargeability, tetapi juga didukung oleh kondisi geologi yang berkembang di daerah penelitian.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Surabaya-Sapulu, daerah penelitian termasuk dalam satuan Formasi Lidah (Tpl) yang tersusun oleh batulempung berwarna abu-abu hingga kehitaman dengan sisipan tipis batupasir halus. Material lempungan pada formasi ini memiliki permeabilitas rendah sehingga mampu menyimpan fluida dan berkembang sebagai media pembentukan sistem gunung lumpur. Karakteristik tersebut sesuai dengan hasil observasi lapangan yang menunjukkan keberadaan singkapan berupa lempung pasiran padat, lempung pasiran yang mulai bercampur lumpur, material transisi antara lempung dan lumpur, hingga lumpur aktif di sekitar pusat semburan.

Kondisi lapangan tersebut juga selaras dengan hasil inversi chargeability. Zona dengan nilai chargeability rendah diinterpretasikan sebagai lempung pasiran padat yang memiliki kandungan fluida relatif rendah. Seiring meningkatnya nilai chargeability, material bawah permukaan menunjukkan peningkatan kandungan fluida sehingga berkembang menjadi dominasi lempung pasiran berasosiasi lumpur, zona parsial antara lempung dan lumpur, hingga dominasi lumpur berasosiasi lempung pada nilai chargeability tertinggi. Perubahan interpretasi tersebut didukung oleh perubahan karakteristik singkapan di lapangan, yaitu dari material yang relatif padat menjadi material yang semakin plastis dan jenuh fluida.

Hasil interpretasi pada keempat lintasan menunjukkan bahwa zona dominasi lumpur berasosiasi lempung berkembang terutama pada Lintasan 1 dan Lintasan 4, sedangkan Lintasan 3 didominasi zona parsial antara lempung dan lumpur yang

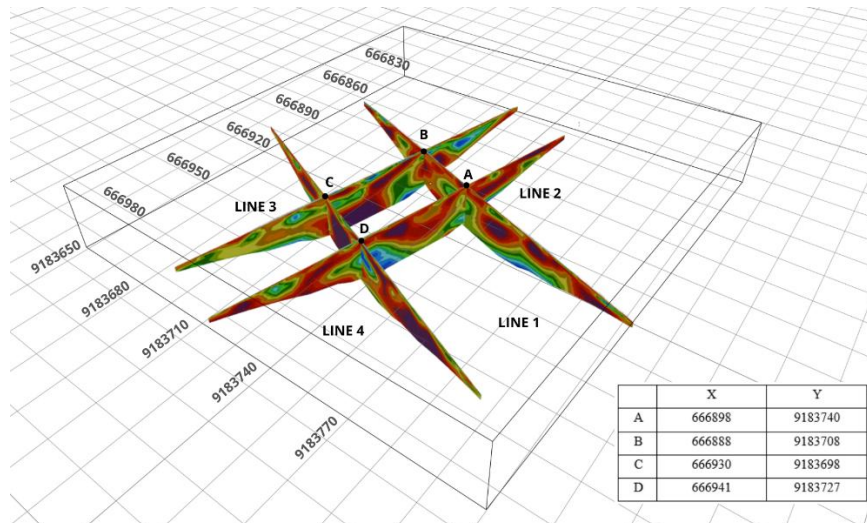
diinterpretasikan sebagai zona transisi. Adapun Lintasan 2 masih didominasi oleh lempung pasir dan lempung pasir berasosiasi lumpur sehingga menunjukkan pengaruh sistem gunung lumpur yang lebih rendah dibandingkan lintasan lainnya. Pola tersebut menunjukkan bahwa distribusi lumpur bawah permukaan tidak berkembang secara seragam, tetapi terkonsentrasi pada zona-zona dengan kandungan fluida yang lebih tinggi.

Interpretasi tersebut diperkuat oleh penelitian Umroh (2018) pada mud volcano Desa Jari, Bojonegoro, yang menunjukkan bahwa zona dengan nilai chargeability tinggi berkisar sekitar 100–425 msec berasosiasi dengan material lumpur yang kaya fluida. Hasil penelitian Warnana dkk. (2017) di kawasan Wringinanom juga menunjukkan adanya zona konduktif yang berperan sebagai jalur migrasi fluida bawah permukaan. Kesesuaian antara hasil penelitian ini, kondisi stratigrafi Formasi Lidah, singkapan lapangan, dan penelitian terdahulu memperkuat interpretasi bahwa zona chargeability tinggi pada daerah penelitian berkaitan dengan keberadaan lumpur dan fluida bawah permukaan yang berkembang mengikuti kondisi geologi regional Zona Kendeng dan Antiklin Kedungwaru.

Meskipun demikian, interpretasi litologi pada penelitian ini masih bersifat interpretatif karena belum didukung oleh data pengeboran maupun analisis laboratorium sebagai verifikasi langsung kondisi bawah permukaan. Oleh karena itu, interpretasi yang diperoleh merupakan hasil sintesis antara data chargeability, kondisi geologi regional, observasi lapangan, dan penelitian terdahulu sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai sebaran lumpur serta kondisi geologi bawah permukaan di kawasan Gunung Lumpur Wringinanom.

4.3.6 Visualisasi Penampang 3D

Pada hasil penelitian ini kedalaman yang berhasil teridentifikasi sekitar 31,2 meter pada semua lintasan.



Gambar 4.9 Visualisasi Penampang 3D

Visualisasi tiga dimensi (3D) dibuat untuk memberikan gambaran spasial mengenai hubungan antar lintasan pengukuran serta pola sebaran material bawah permukaan yang teridentifikasi dari hasil inversi chargeability. Visualisasi ini dibangun menggunakan empat lintasan pengukuran yang telah diposisikan sesuai koordinat sebenarnya di lapangan sehingga orientasi dan hubungan antar lintasan dapat diamati secara lebih jelas.

Pada model 3D terlihat bahwa keempat lintasan saling berpotongan pada beberapa titik yang ditandai sebagai titik A, B, C, dan D. Titik-titik tersebut merupakan titik perpotongan antar lintasan yang digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi kesesuaian pola distribusi chargeability pada masing-masing penampang. Berdasarkan koordinat hasil pemodelan, titik A berada pada koordinat X = 666898 m dan Y = 9183740 m, titik B berada pada koordinat X = 666888 m dan Y = 9183708 m, titik C berada pada koordinat X = 666930 m dan

Y = 9183698 m, serta titik D berada pada koordinat X = 666941 m dan Y = 9183727 m.

Secara umum, distribusi warna pada model 3D menunjukkan adanya zona chargeability tinggi yang tersebar pada bagian tengah area penelitian dan muncul pada beberapa lintasan yang saling berpotongan. Zona ini ditunjukkan oleh warna merah hingga ungu yang berdasarkan interpretasi litologi diidentifikasi sebagai dominasi lumpur berasosiasi lempung. Sebaliknya, zona chargeability rendah yang ditunjukkan oleh warna biru hingga hijau diinterpretasikan sebagai material lempung pasir yang relatif lebih padat dan memiliki kandungan fluida yang lebih rendah.

Keberadaan zona chargeability tinggi yang muncul pada beberapa lintasan menunjukkan bahwa sebaran lumpur bawah permukaan tidak berkembang secara terisolasi pada satu lintasan saja, tetapi membentuk suatu sistem yang saling berhubungan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa migrasi fluida dan lumpur berkembang melalui jalur tertentu di bawah permukaan dan kemudian menyebar ke area sekitarnya. Pola ini sesuai dengan karakteristik sistem gunung lumpur yang berkembang pada Formasi Lidah, dimana sedimen lempungan yang kaya fluida berperan sebagai media migrasi lumpur menuju permukaan.

Visualisasi 3D juga memperlihatkan bahwa zona dominasi lumpur cenderung terkonsentrasi pada area sekitar perpotongan lintasan, terutama di sekitar titik A dan D yang menunjukkan kemunculan anomali chargeability relatif tinggi pada lebih dari satu lintasan. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa area tersebut berpotensi menjadi jalur utama akumulasi maupun migrasi lumpur bawah permukaan. Sementara itu, bagian yang didominasi warna hijau hingga biru

menunjukkan material yang lebih padat dan relatif kurang dipengaruhi oleh aktivitas migrasi fluida.

4.4 Kajian Keislaman

Hasil penelitian mengenai sebaran lumpur bawah permukaan di Desa Sumberwaru, Kecamatan Wringinanom, Kabupaten Gresik, tidak hanya memberikan informasi ilmiah tentang kondisi geologi daerah penelitian, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan nilai-nilai keislaman. Melalui metode geolistrik *Induced Polarization* (IP), penelitian ini menunjukkan bahwa fenomena semburan lumpur berkaitan dengan kondisi bawah permukaan yang kompleks, seperti adanya lapisan sedimen, fluida, serta jalur migrasi material dari kedalaman tertentu menuju permukaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bumi bukanlah sistem yang sederhana, melainkan tersusun atas proses dan struktur yang sangat teratur. Dalam perspektif Islam, keteraturan tersebut merupakan bagian dari tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang dapat dipelajari melalui pengamatan dan kajian ilmiah. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya dipandang sebagai kajian geofisika semata, tetapi juga sebagai salah satu bentuk upaya memahami ciptaan Allah melalui fenomena kebumian. Sebagaimana Firman Allah SWT dalam QS. Ath-Thur (52): 6:

وَالْبَحْرِ الْمَسْجُورِ

“Dan laut yang di dalam tanahnya ada api.” (QS. Ath-Thur (52): 6)

Penjelasan ini diperkuat oleh hadis Nabi SAW yang diriwayatkan oleh Abu Dawud dalam *Sunan-nya* pada *Kitab Al-Jihad*:

لَا يَرْكَبُ الْبَحْرَ إِلَّا حَاجٌّ أَوْ مُعْتَمِرٌ أَوْ غَازٍ فِي سَبِيلِ اللَّهِ فَإِنَّ تَحْتَ الْبَحْرِ نَارًا وَتَحْتَ النَّارِ بَحْرًا

“Tidak ada orang yang mengarungi lautan kecuali orang yang berhaji, berumrah atau orang yang berperang di jalan Allah. Sesungguhnya di bawah lautan terdapat api dan di bawah api terdapat lautan.” (HR. Abu Dawud No. 2489)

QS. Ath-Thur (52): 6 dan hadis ini memberikan isyarat bahwa di bawah permukaan bumi terdapat energi panas dan proses-proses alamiah yang tidak tampak secara langsung oleh manusia. Secara ilmiah, hal ini berkaitan dengan kondisi bawah permukaan bumi yang menyimpan panas, fluida, serta aktivitas geologi yang dapat memengaruhi kondisi permukaan. Jika dikaitkan dengan hasil penelitian ini, fenomena semburan lumpur di daerah penelitian menunjukkan bahwa di bawah permukaan terdapat sistem geologi yang aktif, berupa akumulasi fluida, material lumpur, dan jalur migrasi tertentu (An-Najar, 2006).

Hadis lain yang juga dapat diintegrasikan dengan hasil penelitian ini adalah hadis tentang proses pembentukan bumi, yaitu sabda Rasulullah SAW:

كَانَتْ الْكَعْبَةُ خَيْفَةً عَلَى الْمَاءِ، فَدُحِيتْ مِنْهَا الْأَرْضُ

“Dahulu Ka’bah adalah bukit kecil di atas air kemudian dibentangkanlah bumi dari (bawahnya)nya. (An-Nihayah fi Gharib Al-Hadits wa Al-Atsar, Juz II, hlm. 34-35)

Hadis ini dijelaskan sebagai isyarat bahwa pada tahap awal penciptaan, bumi didominasi oleh air, kemudian secara bertahap muncul daratan melalui proses geologi yang panjang. Penjelasan dalam buku Pembuktian Sains dalam Sunah menyebutkan bahwa pemunculan daratan terjadi akibat aktivitas gunung api bawah laut yang berlangsung terus-menerus, sehingga lava menumpuk, membentuk pegunungan di dasar samudra, kemudian berkembang menjadi pulau-pulau vulkanik dan daratan yang lebih luas. Selanjutnya, daratan mengalami perkembangan, rekahan, dan pemisahan hingga terbentuk wilayah-wilayah daratan seperti yang dikenal sekarang (An-Najar, 2006).

Jika dihubungkan dengan hasil penelitian ini, hadis tersebut menunjukkan bahwa bumi merupakan sistem yang dinamis dan terus mengalami perubahan akibat proses geologi yang berlangsung di bawah permukaan. Fenomena semburan lumpur yang diteliti pada penelitian ini juga dapat dipahami sebagai bagian dari dinamika tersebut, karena kemunculannya berkaitan dengan adanya tekanan, fluida, dan jalur migrasi material dari bawah permukaan menuju permukaan (An-Najar, 2006).

Integrasi hasil penelitian ini juga dapat dikaitkan dengan tafsir ilmiah tentang gunung dan sumber daya bumi yang menjelaskan bahwa gunung merupakan hasil proses geologi yang panjang dan berperan dalam pembentukan serta penyimpanan sumber daya alam. Dalam QS. Fathir (35): 27:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيَضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَعَرَائِبٌ سُوْدٌ

“Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu kami hasilkan buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat.” (QS. Fathir (35): 27)

Pada QS. Fathir (35): 27 Allah menyebut adanya garis-garis putih, merah, dan hitam pada gunung yang menjelaskan adanya perbedaan lapisan batuan, warna, komposisi, serta proses pembentukan geologi yang beragam. Tafsir tersebut menjelaskan bahwa gunung dan pegunungan terbentuk melalui proses yang sangat panjang, seperti pengendapan, kompaksi, pengangkatan, pelipatan, aktivitas magmatik, dan mineralisasi. Proses-proses tersebut menghasilkan batuan dengan karakteristik yang berbeda-beda, serta membentuk berbagai sumber daya bumi seperti mineral logam, mineral nonlogam, minyak bumi, gas bumi, dan batuan industry (Lajnah Pentashihan, 2016).

Sebaran lumpur bawah permukaan yang teridentifikasi melalui metode geolistrik IP menunjukkan bahwa bawah permukaan Gunung Lumpur Wringinanom tersusun oleh material dominan berupa batulempung pasir, batulempung, batulempung jenuh fluida, batulumpur, serta lumpur aktif yang saling berasosiasi. Hasil visualisasi 3D menunjukkan bahwa lintasan 1 dan lintasan 4 berperan sebagai jalur migrasi utama lumpur dan fluida bawah permukaan, sedangkan lintasan 3 diinterpretasikan sebagai zona akumulasi lateral material lumpur. Lintasan 2 berada pada zona pinggiran yang masih dipengaruhi oleh sistem *mud volcano*. Pola tersebut menunjukkan bahwa persebaran lumpur bawah permukaan tidak berlangsung secara seragam, melainkan mengikuti jalur migrasi tertentu yang dikontrol oleh kondisi litologi dan struktur geologi setempat.

Fenomena alam diciptakan bukan untuk disembah, tetapi untuk dipikirkan, dipelajari, dan dimanfaatkan dengan benar. Dalam tafsir ilmiah dijelaskan bahwa gunung, bumi, air, dan segala unsur alam lainnya merupakan bagian dari ciptaan Allah yang memiliki manfaat bagi kehidupan manusia. Gunung dapat menjadi sumber air, sumber bahan tambang, tempat perlindungan, serta bagian dari sistem keseimbangan alam. Namun demikian, gunung dan seluruh fenomena geologi juga dapat mendatangkan bencana apabila manusia tidak memahami dan tidak menyikapinya dengan bijaksana. Dalam konteks penelitian ini, pemahaman terhadap kondisi bawah permukaan dan sebaran lumpur sangat penting sebagai bentuk ikhtiar ilmiah untuk mengenali potensi bahaya geologi sekaligus memahami karakteristik wilayah penelitian (Lajnah Pentashihan, 2016).

Penelitian ini juga mengandung hikmah bahwa ilmu pengetahuan dapat digunakan sebagai sarana untuk membaca tanda-tanda kebesaran Allah serta

sebagai upaya untuk meningkatkan kewaspadaan manusia terhadap fenomena alam di sekitarnya. Sebagaimana Firman Allah SWT dalam QS. Qaf (50): 7-8:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ ۖ بَهِيجٍ ﴿٧﴾ تَبْصِرَةً وَذِكْرَىٰ لِكُلِّ عَبْدٍ مُّنِيبٍ ﴿٨﴾

“Dan bumi yang kami hampirkan dan kami pancangkan di atasnya gunung-gunung yang kokoh dan kami tumbuhkan di atasnya tanaman-tanaman yang indah, utnuk menjadi pelajaran dan peringatan bagi setiap hamba yang kembali (tunduk kepada Allah)”. (QS. Qaf (50): 7-8)

Pada QS. Qaf (50): 7-8 menjelaskan bahwa bumi dihamparkan, gunung-gunung dipancangkan, dan berbagai kehidupan ditumbuhkan di atasnya sebagai pelajaran dan peringatan bagi manusia. Menunjukkan bahwa bumi tersusun dalam sistem yang teratur serta mengandung hikmah yang dapat dipahami melalui pengamatan terhadap alam. Dalam penelitian ini, identifikasi sebaran lumpur bawah permukaan dengan metode geolistrik IP menunjukkan bahwa fenomena geologi di daerah penelitian merupakan bagian dari sistem kebumian yang kompleks, teratur, dan saling berkaitan. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi bawah permukaan, tetapi juga menjadi sarana pembelajaran bagi manusia untuk semakin menyadari kebesaran Allah SWT, mensyukuri ciptaan-Nya, serta memanfaatkan ilmu pengetahuan secara bijak dalam memahami bumi dan segala fenomenanya (Lajnah Pentashihan, 2016).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi data *Induced Polarization* (IP) parameter chargeability pada empat lintasan di kawasan Gunung Lumpur Wringinanom, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran lumpur bawah permukaan berhasil diidentifikasi berdasarkan distribusi nilai *chargeability*. Zona yang didominasi lumpur berkembang terutama pada Lintasan 1 dan Lintasan 4, sedangkan Lintasan 3 merupakan zona transisi antara lempung dan lumpur, serta Lintasan 2 masih didominasi material lempung pasir. Secara umum, material yang didominasi lumpur berkembang mulai kedalaman sekitar 6 m hingga batas kedalaman investigasi sekitar 31,2 m, dengan nilai *chargeability* tinggi yang menunjukkan tingginya kandungan fluida dan material lempung.
2. Kondisi litologi bawah permukaan diinterpretasikan tersusun atas lempung pasir padat, dominasi lempung pasir berasosiasi lumpur, zona parsial antara lempung dan lumpur, serta dominasi lumpur berasosiasi lempung. Interpretasi tersebut sesuai dengan karakteristik Formasi Lidah (Tpl) yang tersusun oleh batulempung dengan sisipan tipis batupasir halus, didukung oleh observasi singkapan lapangan, serta sejalan dengan penelitian terdahulu mengenai mud volcano di Zona Kendeng.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan integrasi dengan metode geofisika lain, seperti metode resistivitas atau seismik, sehingga interpretasi kondisi bawah permukaan dapat dilakukan dengan tingkat keyakinan yang lebih tinggi.
2. Untuk memperoleh informasi litologi yang lebih akurat, diperlukan data pendukung berupa pengeboran atau analisis laboratorium sampel lumpur sehingga hasil interpretasi geofisika dapat diverifikasi secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. (2004). *Studi Geofisika Terintegrasi untuk Mendeteksi Keberadaan Endapan Emas Sistem phothermal*. Depok: Universitas Indonesia, Tidak Diterbitkan.
- Amelinda Kurnia & Bagus Jaya S. (2016). *Identifikasi Pola Persebaran Sumber Lumpur Bawah Tanah Pada Mud Volcano Gunung Anyar Rungkut Surabaya Menggunakan Metode Geolistrik*. Jurnal Sains dan Seni ITS., Vol 5, h. 1-2.
- An-Najjar, Z. (2006). *Pembuktian sains dalam sunah (Buku 1)*. Jakarta: Amzah.
- An-Najjar, Z. (2006). *Pembuktian sains dalam sunah (Buku 2)*. Jakarta: Amzah.
- Badan Lingkungan Hidup Surabaya. (2012). *Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya*. Pemerintah Kota Surabaya.
- Bagas, Warmana, Amin. (2017). *Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo Surabaya*. Insitut Teknologi Sepuluh November (ITS). Vol, 6 No, 1.
- Bemmelen, Van. R. W. (1949). *Geology of Indonesia*. V.1. A. Government Printing Office. Indonesia.
- Burhanuddin, Muhammad. (2015). *Pengaruh Tektonik Dan Laju Sedimentasi Dalam Pembentukan Gunung Lumpur (Mud Volcano) Di Zona Kendeng Dan Rembang Cekungan Jawa Timur*. Disetasi. Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung.
- Deparetemen Agama RI. 1989. *Al-Qur'an Al Karim*. Semarang: Toha Putera.
- Dimitrov, L.i, Woodside, J.M. (2001). *Mud Volcano The Most Important Pathway for Degassing Deeply Buried Sediments*. Mar: Geol (in press).
- Eddy, Hadrian. (2010). *Pemodelan Data IP-Resistivity dan Magnetik untuk Melokalisir Endapan Nikel Laterit di Daerah "LTD" Sulawesi Tenggara*. Depok: FMIPA UI.
- Google Earth, Citra Google Maps., diakses pada 29 Oktober 2025.
- Handoko, T. W. (2015). *Geothermal Potential At Lusi Mud Volcano*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.
- Istadi, B. P. (2009). *Similation On Growth and Potential Geohazard of East Java Mud Volcano Indonesia*. Marine & Petroleum Geology, Special Issue.
- Kalinko, M. (1964). *Mud Volcanoes, Reasons of Their Origin, Development and Fading*: VNIGRI, v. 40, p. 30-54 (in Russian).
- Kearey, P., Michael, B., Ian, H., (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Science Ltd. London.
- Keller, George V & Frank C. Frischknecht. (1982). *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*. Pergamon Press Inc.

- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. (2016). *Gunung dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta Timur: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Liani, Indri S, (2020). *Pemodelan Kedepan 3D Metode Polarisasi Terinduksi Menggunakan Elemen Hingga*. Tesis. Bandung: ITB
- Loke, M. H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Edgbaston: The University Birmingham.
- Mazzini, A. (2009). *Mud Volcanism: Processes and Implications*. Marine and Petroleum Geology 26, 1677-1680.
- Putrohari R. (2008). *Posisi Kontroversi Patahan Watukosek*. <https://rovicky.wordpress.com/2008/08/14/posisi-kontroversi-patahan-watukosek/> [Oktober 2025]
- Rahmi, Hisni, Asrul, dan Akmam. (2015). *Penyelidikan Mineral di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok dengan Metode Geolistrik Induced Polarization (IP)*. Pillar of Physics. Vol. 6, 25-32.
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. USA: JhonWiley & Sons, p 156-160.
- Saputro, Bayu dkk. (2010). *Panduan Praktikum Geolistrik*. Yogyakarta: Prodi Teknik Geofisika. Fakultas Teknologi Mineral. UPN Yogyakarta
- Satjana, A. H. and Asnidar. (2008). Mud Diapris and Mud Volcanoes of Java to Madura: origins, natures, and Implication to Potreleum System, Proceedings Indonesia Petroleum Asocciation (IPA), 32 nd annual convention. Jakarta, 27-29 May.
- Sukardi. (1992). *Geologi Lembar Surabaya & Sapulu, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi indonesia.
- Suyanto, Imam & Utomo, Agung S. (2013). *Analisis Data Resistivitas Dipole-Dipole untuk Identifikasi dan Perhitungan*. Jurnal Fisika Indonesia XVII (50): 1-7.
- Syamsudin, Lantu, Massinai, M.A., Akbar, S. (2012), *Identifikasi Sesar Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner di Sekitar Da Jene'berang, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan*. Positron., Vol 11, No 2.
- Telford, W. G. (1990). *Applied Geophysics*, . New Jersey: Cambridge University Press.
- Umroh, Zuhriyatul. (2018). *Analisis Data Geolistrik Metode Induced Polarization (IP) Untuk Mengetahui Sebaran Lumpur Di Bawah Permukaan (Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)*. Skripsi. Malang: UIN Malang.
- Vebrianto Suhendra. (2016). *Eksplorasi Metode Geolistrik*. Malang: UB Press.

- Warnana, D. D., Lestari, W., & Nugraha, G. N. R. (2017). *Integrated Geophysical Methods for Near Surface Imaging: Case Study Mud Volcano of Wringinanom, Gresik, East Java*. Prosiding 41st Indonesian Association of Geologists (IAGI) Annual Convention, Malang.
- Wiranata Doni, Andrianus Inu, dkk. (2018). *Interpretasi Pola Sebaran Indikasi MudVolcano di Suryanata Samarinda dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger*. Jurnal Geosains Kutai Basin., Vol.1, No. 2.
- Yulianti, P; Muljo, B & Ipranta. (2016). *Analisa Hasil Pengolahan Citra Terrasar-X dan Landsat 8 Untuk Pemetaan Geologi Lembar Mojokerto (1508-62) Jawa Timur*. Jurnal Geosaintek., Vol. 2, No. 1.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penampang 2D

LINE 1

Panjang Lintasan: 160 Meter

Spasi: 5 Meter

Lintang: -7.381389° LS sampai -7.382750° LS

Bujur: 112.512278° BT sampai 112.511861° BT

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	Data Res2Dinv				
	A	B	M	N			x line	spasi	n	ρa (Ωm)	M (ms)
1	0	5	15	10	1262.28	24.08	7.5	5	1	1.80	229.16
2	5	10	20	15	1375.64	176.00	12.5	5	1	12.05	224.26
3	10	15	25	20	627.03	10.79	17.5	5	1	1.62	201.64
4	15	20	30	25	241.38	149.56	22.5	5	1	58.37	288.06
5	20	25	35	30	462.33	147.02	27.5	5	1	29.95	224.79
6	25	30	40	35	1916.83	31.35	32.5	5	1	1.54	344.1
7	30	35	45	40	2143.33	23.30	37.5	5	1	1.02	293.68
8	35	40	50	45	1942.07	18.84	42.5	5	1	0.91	195.06
9	40	45	55	50	1105.28	11.75	47.5	5	1	1.00	271.61
10	45	50	60	55	994.74	12.29	52.5	5	1	1.16	187.11
11	50	55	65	60	1144.49	15.83	57.5	5	1	1.30	201.61
12	55	60	70	65	1295.40	10.42	62.5	5	1	0.76	228.9
13	60	65	75	70	2184.22	19.15	67.5	5	1	0.83	184.78
14	65	70	80	75	2429.28	15.40	72.5	5	1	0.60	254.97
15	70	75	85	80	2227.36	16.64	77.5	5	1	0.70	213.18
16	75	80	90	85	2499.96	16.27	82.5	5	1	0.61	333.63
17	80	85	95	90	2499.96	17.00	87.5	5	1	0.64	237.16
18	85	90	100	95	2499.96	19.72	92.5	5	1	0.74	266.18
19	90	95	105	100	2216.19	13.05	97.5	5	1	0.55	255.87
20	95	100	110	105	858.75	11.09	103	5	1	1.22	249.35
21	100	105	115	110	561.60	2.59	108	5	1	0.43	321.75
22	105	110	120	115	809.29	7.07	113	5	1	0.82	342.8
23	110	115	125	120	1120.87	32.92	118	5	1	2.77	263.64
24	115	120	130	125	495.53	9.24	123	5	1	1.76	288.79
25	120	125	135	130	334.82	8.55	128	5	1	2.41	258.45
26	125	130	140	135	401.58	5.45	133	5	1	1.28	178.06

27	130	135	145	140	717.12	12.13	138	5	1	1.59	132.38
28	135	140	150	145	606.65	4.22	143	5	1	0.66	270.32
29	140	145	155	150	419.86	10.41	148	5	1	2.34	238.68
30	0	5	20	15	1253.29	46.55	10	5	2	14.00	228.74
31	5	10	25	20	1370.71	6.45	15	5	2	1.77	274.03
32	10	15	30	25	624.81	3.81	20	5	2	2.30	326.34
33	15	20	35	30	218.45	3.11	25	5	2	5.36	212.61
34	20	25	40	35	451.55	19.96	30	5	2	16.65	305.44
35	25	30	45	40	1892.66	10.86	35	5	2	2.16	354.73
36	30	35	50	45	2128.66	39.96	40	5	2	7.07	256.55
37	35	40	55	50	1940.47	17.90	45	5	2	3.48	265.36
38	40	45	60	55	1106.34	11.52	50	5	2	3.92	238.56
39	45	50	65	60	995.74	3.46	55	5	2	1.31	192.37
40	50	55	70	65	1144.22	7.28	60	5	2	2.40	241.72
41	55	60	75	70	1293.87	13.82	65	5	2	4.03	178.18
42	60	65	80	75	2182.26	13.74	70	5	2	2.37	214.75
43	65	70	85	80	2421.59	22.30	75	5	2	3.47	265.08
44	70	75	90	85	2222.32	18.63	80	5	2	3.16	290.71
45	75	80	95	90	2499.96	5.30	85	5	2	0.80	288.78
46	80	85	100	95	2499.96	8.92	90	5	2	1.34	266.7
47	85	90	105	100	2499.96	8.02	95	5	2	1.21	251.66
48	90	95	110	105	2212.31	13.55	100	5	2	2.31	252.04
49	95	100	115	110	848.02	14.20	105	5	2	6.31	282.04
50	100	105	120	115	566.73	21.50	110	5	2	14.29	381.54
51	105	110	125	120	811.86	19.26	115	5	2	8.94	300.77
52	110	115	130	125	1116.60	8.79	120	5	2	2.97	260.79
53	115	120	135	130	496.98	6.65	125	5	2	5.04	298.25
54	120	125	140	135	325.81	4.74	130	5	2	5.49	287.89
55	125	130	145	140	395.54	2.56	135	5	2	2.44	308.67
56	130	135	150	145	713.73	3.98	140	5	2	2.10	222
57	135	140	155	150	603.66	5.91	145	5	2	3.69	349.82
58	0	5	25	20	1243.81	4.17	12.5	5	3	3.16	293.71
59	5	10	30	25	1362.33	5.46	17.5	5	3	3.77	366.23
60	10	15	35	30	622.05	4.56	22.5	5	3	6.90	284.7
61	15	20	40	35	208.48	10.60	27.5	5	3	47.90	253.53
62	20	25	45	40	442.71	7.19	32.5	5	3	15.30	324.45
63	25	30	50	45	1893.81	6.99	37.5	5	3	3.48	310.01
64	30	35	55	50	2126.98	59.93	42.5	5	3	26.54	292.83
65	35	40	60	55	1943.56	7.75	47.5	5	3	3.76	224.94
66	40	45	65	60	1107.38	12.35	52.5	5	3	10.51	241.88
67	45	50	70	65	996.01	3.67	57.5	5	3	3.47	223.42

68	50	55	75	70	1142.23	9.23	62.5	5	3	7.61	194.83
69	55	60	80	75	1293.17	6.52	67.5	5	3	4.75	200.72
70	60	65	85	80	2185.30	15.22	72.5	5	3	6.56	230.26
71	65	70	90	85	2414.23	9.88	77.5	5	3	3.86	319.21
72	70	75	95	90	2216.41	15.84	82.5	5	3	6.73	246.37
73	75	80	100	95	2499.96	7.28	87.5	5	3	2.74	297.78
74	80	85	105	100	2499.96	4.47	92.5	5	3	1.68	262.81
75	85	90	110	105	2499.96	3.85	97.5	5	3	1.45	264.95
76	90	95	115	110	2201.12	6.97	103	5	3	2.98	239.34
77	95	100	120	115	845.10	3.89	108	5	3	4.33	349.04
78	100	105	125	120	563.88	3.51	113	5	3	5.86	318.65
79	105	110	130	125	807.46	3.18	118	5	3	3.71	328.66
80	110	115	135	130	1113.26	5.98	123	5	3	5.06	203.38
81	115	120	140	135	494.37	16.74	128	5	3	31.90	301.5
82	120	125	145	140	321.59	4.73	133	5	3	13.84	300.32
83	125	130	150	145	391.75	3.43	138	5	3	8.26	322
84	130	135	155	150	711.59	6.06	143	5	3	8.02	148.48
85	0	5	30	25	1242.18	6.91	15	5	4	10.48	352.79
86	5	10	35	30	1359.60	6.85	20	5	4	9.49	309.63
87	10	15	40	35	619.92	3.33	25	5	4	10.12	303.76
88	15	20	45	40	204.23	5.15	30	5	4	47.54	261.45
89	20	25	50	45	433.17	7.54	35	5	4	32.78	286.58
90	25	30	55	50	1887.49	8.52	40	5	4	8.50	335.36
91	30	35	60	55	2119.33	10.21	45	5	4	9.08	241.55
92	35	40	65	60	1940.99	9.09	50	5	4	8.83	232.04
93	40	45	70	65	1105.24	191.89	55	5	4	327.10	268.36
94	45	50	75	70	994.99	6.89	60	5	4	13.04	174.47
95	50	55	80	75	1139.96	5.98	65	5	4	9.88	235.045
96	55	60	85	80	1291.14	114.55	70	5	4	167.15	218.51
97	60	65	90	85	2181.83	38.41	75	5	4	33.16	275.24
98	65	70	95	90	2409.87	5.30	80	5	4	4.15	276.3
99	70	75	100	95	2214.52	27.26	85	5	4	23.19	258.4
100	75	80	105	100	2499.96	14.96	90	5	4	11.28	288.5
101	80	85	110	105	2499.96	66.04	95	5	4	49.77	283.88
102	85	90	115	110	2499.96	11.17	100	5	4	8.42	236.92
103	90	95	120	115	2197.27	10.50	105	5	4	9.00	308.52
104	95	100	125	120	841.88	4.16	110	5	4	9.31	291.28
105	100	105	130	125	539.88	13.74	115	5	4	47.96	354.32
106	105	110	135	130	801.57	6.34	120	5	4	14.90	271.5
107	110	115	140	135	1109.75	8.30	125	5	4	14.09	222.72
108	115	120	145	140	492.64	5.73	130	5	4	21.91	327.23

109	120	125	150	145	318.53	7.30	135	5	4	43.16	285.08
110	125	130	155	150	360.10	70.28	140	5	4	367.70	296.05
111	0	5	35	30	1237.45	4.65	17.5	5	5	12.38	275.22
112	5	10	40	35	1356.10	6.58	22.5	5	5	15.99	363.91
113	10	15	45	40	618.21	6.83	27.5	5	5	36.43	271.62
114	15	20	50	45	198.93	13.61	32.5	5	5	225.50	285.93
115	20	25	55	50	427.42	10.92	37.5	5	5	84.20	315.79
116	25	30	60	55	1883.21	5.54	42.5	5	5	9.69	310.12
117	30	35	65	60	2116.60	13.80	47.5	5	5	21.50	217.77
118	35	40	70	65	1937.61	4.48	52.5	5	5	7.62	315.39
119	40	45	75	70	1104.64	3.64	57.5	5	5	10.86	285.79
120	45	50	80	75	994.17	5.58	62.5	5	5	18.50	244.25
121	50	55	85	80	1136.58	4.39	67.5	5	5	12.72	258.61
122	55	60	90	85	1288.46	10.58	72.5	5	5	27.08	222.6
123	60	65	95	90	2181.84	7.66	77.5	5	5	11.58	199.43
124	65	70	100	95	2406.36	5.16	82.5	5	5	7.07	240.52
125	70	75	105	100	2214.42	17.29	87.5	5	5	25.74	256.56
126	75	80	110	105	2499.96	3.10	92.5	5	5	4.09	229.13
127	80	85	115	110	2499.96	6.11	97.5	5	5	8.06	287.76
128	85	90	120	115	2499.96	2.20	103	5	5	2.90	257.228
129	90	95	125	120	2196.79	7.32	108	5	5	10.98	304.88
130	95	100	130	125	836.97	13.92	113	5	5	54.84	306.028
131	100	105	135	130	557.40	5.68	118	5	5	33.61	224.39
132	105	110	140	135	796.94	1.21	123	5	5	5.01	296.3
133	110	115	145	140	1107.53	6.57	128	5	5	19.55	311.43
134	115	120	150	145	491.12	6.71	133	5	5	45.07	290
135	120	125	155	150	315.91	3.52	138	5	5	36.78	313.93
136	0	5	40	35	1233.26	6.09	20	5	6	26.06	261.214
137	5	10	45	40	1350.36	8.01	25	5	6	31.31	313.36
138	10	15	50	45	616.70	7.47	30	5	6	63.87	208.78
139	15	20	55	50	195.88	27.05	35	5	6	728.41	284.03
140	20	25	60	55	421.84	6.41	40	5	6	80.18	317.71
141	25	30	65	60	1875.57	10.96	45	5	6	30.83	272.39
142	30	35	70	65	2110.63	2.28	50	5	6	5.69	245.02
143	35	40	75	70	1933.48	9.70	55	5	6	26.47	266.35
144	40	45	80	75	1103.39	7.23	60	5	6	34.55	288.78
145	45	50	85	80	993.63	4.56	65	5	6	24.19	265.85
146	50	55	90	85	1134.45	4.93	70	5	6	22.94	212.94
147	55	60	95	90	1287.15	16.52	75	5	6	67.69	247.05
148	60	65	100	95	2178.98	9.66	80	5	6	23.39	220.88
149	65	70	105	100	2407.76	5.04	85	5	6	11.03	274.1

150	70	75	110	105	2211.44	12.38	90	5	6	29.52	240.815
151	75	80	115	110	2499.96	10.69	95	5	6	22.57	326.83
152	80	85	120	115	2499.96	7.51	100	5	6	15.85	310.47
153	85	90	125	120	2499.96	21.77	105	5	6	45.95	191.85
154	90	95	130	125	2195.99	4.24	110	5	6	10.20	273.71
155	95	100	135	130	836.64	2.66	115	5	6	16.75	307.68
156	100	105	140	135	555.31	13.88	120	5	6	131.89	262.27
157	105	110	145	140	794.67	2.49	125	5	6	16.51	329.886
158	110	115	150	145	1105.74	17.42	130	5	6	83.11	244.93
159	115	120	155	150	489.96	5.72	135	5	6	61.58	205.84
160	0	10	40	30	1395.95	16.47	20	10	2	8.89	221.16
161	5	15	45	35	578.92	9.27	25	10	2	12.07	242.46
162	10	20	50	40	221.85	4.00	30	10	2	13.60	250.2
163	15	25	55	45	625.08	9.59	35	10	2	11.56	261.78
164	20	30	60	50	417.92	13.29	40	10	2	23.97	266.93
165	25	35	65	55	1925.98	11.36	45	10	2	4.45	280.68
166	30	40	70	60	1872.44	8.42	50	10	2	3.39	279.49
167	35	45	75	65	1174.13	2.16	55	10	2	1.39	274.47
168	40	50	80	70	1477.27	167.77	60	10	2	85.58	286.05
169	45	55	85	75	903.73	6.97	65	10	2	5.81	296.69
170	50	60	90	80	1485.73	7.80	70	10	2	3.95	322.13
171	55	65	95	85	1491.98	9.89	75	10	2	4.99	208.43
172	60	70	100	90	1892.30	5.83	80	10	2	2.32	240.63
173	65	75	105	95	2499.96	7.30	85	10	2	2.20	281.6
174	70	80	110	100	2396.86	7.13	90	10	2	2.24	267.513
175	75	85	115	105	2499.96	6.34	95	10	2	1.91	266.99
176	80	90	120	110	2499.96	2.96	100	10	2	0.89	330.84
177	85	95	125	115	2274.21	9.41	105	10	2	3.12	265.771
178	90	100	130	120	874.87	7.46	110	10	2	6.43	297.95
179	95	105	135	125	868.28	11.54	115	10	2	10.01	245.41
180	100	110	140	130	769.52	5.63	120	10	2	5.52	239.28
181	105	115	145	135	705.18	4.66	125	10	2	4.98	332.31
182	110	120	150	140	531.69	242.61	130	10	2	343.86	274.98
183	115	125	155	145	375.39	14.32	135	10	2	28.75	348.35
184	0	10	50	40	1394.50	3.04	25	10	3	4.11	289.81
185	5	15	55	45	572.78	14.06	30	10	3	46.26	286.8
186	10	20	60	50	219.24	6.22	35	10	3	53.44	247.26
187	15	25	65	55	619.42	7.90	40	10	3	24.02	238.6
188	20	30	70	60	413.25	27.85	45	10	3	126.98	289.27
189	25	35	75	65	1922.79	4.42	50	10	3	4.33	264.88
190	30	40	80	70	1869.57	7.44	55	10	3	7.50	225.58

191	35	45	85	75	1172.51	3.00	60	10	3	4.81	252.09
192	40	50	90	80	1476.52	12.08	65	10	3	15.42	254.36
193	45	55	95	85	902.30	6.78	70	10	3	14.17	233.119
194	50	60	100	90	1483.85	43.49	75	10	3	55.22	221.81
195	55	65	105	95	1488.66	5.15	80	10	3	6.52	264.39
196	60	70	110	100	1889.94	3.38	85	10	3	3.37	269.58
197	65	75	115	105	2499.96	74.54	90	10	3	56.17	264.22
198	70	80	120	110	2393.71	39.96	95	10	3	31.45	283.57
199	75	85	125	115	2496.74	38.91	100	10	3	29.36	310.94
200	80	90	130	120	2499.96	4.40	105	10	3	3.32	285.49
201	85	95	135	125	2269.40	7.16	110	10	3	5.94	268.78
202	90	100	140	130	872.66	37.58	115	10	3	81.13	235.165
203	95	105	145	135	864.20	11.20	120	10	3	24.42	343.7
204	100	110	150	140	768.22	18.23	125	10	3	44.70	349.88
205	105	115	155	145	701.29	3.02	130	10	3	8.13	256.79
206	0	10	60	50	1390.74	1.37	30	10	4	3.70	217.15
207	5	15	65	55	571.58	10.60	35	10	4	69.85	195.88
208	10	20	70	60	641.64	15.37	40	10	4	90.27	294.41
209	15	25	75	65	623.36	31.87	45	10	4	192.62	260.13
210	20	30	80	70	408.31	6.39	50	10	4	58.95	295.11
211	25	35	85	75	1917.59	4.65	55	10	4	9.14	322.73
212	30	40	90	80	1865.31	8.07	60	10	4	16.30	316.21
213	35	45	95	85	1172.93	3.70	65	10	4	11.90	245.69
214	40	50	100	90	1472.75	9.11	70	10	4	23.30	230.36
215	45	55	105	95	904.12	15.47	75	10	4	64.48	237.54
216	50	60	110	100	1480.17	14.35	80	10	4	36.53	274.21
217	55	65	115	105	1488.59	20.43	85	10	4	51.71	283.15
218	60	70	120	110	1886.85	41.10	90	10	4	82.08	270.85
219	65	75	125	115	2499.96	12.85	95	10	4	19.37	294.44
220	70	80	130	120	2390.21	31.48	100	10	4	49.62	269.13
221	75	85	135	125	2478.59	4.95	105	10	4	7.53	237.59
222	80	90	140	130	2499.96	10.93	110	10	4	16.48	234.89
223	85	95	145	135	2265.73	3.29	115	10	4	5.47	228.86
224	90	100	150	140	871.67	5.10	120	10	4	22.03	250.36
225	95	105	155	145	860.26	24.06	125	10	4	105.36	322.76
226	0	10	70	60	1387.74	13.43	35	10	5	63.80	286.7
227	5	15	75	65	570.76	5.02	40	10	5	57.97	283.9
228	10	20	80	70	630.41	28.07	45	10	5	293.65	309.27
229	15	25	85	75	622.68	39.29	50	10	5	416.08	287.8
230	20	30	90	80	650.11	7.62	55	10	5	77.32	248.37
231	25	35	95	85	1913.57	36.53	60	10	5	125.86	279.26

232	30	40	100	90	1861.67	10.01	65	10	5	35.46	265.44
233	35	45	105	95	1169.71	8.24	70	10	5	46.42	251.57
234	40	50	110	100	1470.30	7.38	75	10	5	33.09	258.51
235	45	55	115	105	902.80	4.11	80	10	5	30.04	240.3
236	50	60	120	110	1478.30	7.55	85	10	5	33.69	266.36
237	55	65	125	115	1487.26	9.29	90	10	5	41.19	270.48
238	60	70	130	120	1885.62	13.87	95	10	5	48.50	273.195
239	65	75	135	125	2499.96	11.10	100	10	5	29.28	269.85
240	70	80	140	130	2387.91	8.99	105	10	5	24.82	221.28
241	75	85	145	135	2477.65	8.93	110	10	5	23.76	292.06
242	80	90	150	140	2499.96	21.30	115	10	5	56.19	235.36
243	85	95	155	145	2264.19	11.76	120	10	5	34.26	224.37
244	0	10	80	70	1386.82	9.28	40	10	6	70.61	194.83
245	5	15	85	75	622.75	22.80	45	10	6	386.22	253.39
246	10	20	90	80	212.28	9.75	50	10	6	484.68	207.43
247	15	25	95	85	621.64	11.55	55	10	6	196.06	247.53
248	20	30	100	90	399.87	7.37	60	10	6	194.53	305.63
249	25	35	105	95	1911.53	23.29	65	10	6	128.56	280.64
250	30	40	110	100	1857.84	21.83	70	10	6	123.95	242.32
251	35	45	115	105	1168.10	27.08	75	10	6	244.63	257.91
252	40	50	120	110	1468.61	29.69	80	10	6	213.29	250.44
253	45	55	125	115	901.06	14.33	85	10	6	167.75	242.594
254	50	60	130	120	1477.10	8.14	90	10	6	58.15	199.37
255	55	65	135	125	1485.47	9.84	95	10	6	69.87	247.98
256	60	70	140	130	1884.08	144.43	100	10	6	808.77	272.75
257	65	75	145	135	2499.96	2.98	105	10	6	12.57	270.42
258	70	80	150	140	2384.20	9.74	110	10	6	43.11	232.32
259	75	85	155	145	2474.77	27.97	115	10	6	119.22	258.08
260	0	15	75	60	584.56	17.57	37.5	15	3	84.95	245.89
261	5	20	80	65	208.33	8.14	42.5	15	3	110.43	254.6
262	10	25	85	70	1618.70	12.37	47.5	15	3	21.60	260.56
263	15	30	90	75	637.49	4.34	52.5	15	3	19.26	284.01
264	20	35	95	80	395.94	9.16	57.5	15	3	65.37	266.51
265	25	40	100	85	1717.89	11.07	62.5	15	3	18.20	267.21
266	30	45	105	90	1142.14	9.62	67.5	15	3	23.81	240.91
267	35	50	110	95	1599.87	10.39	72.5	15	3	18.35	262.49
268	40	55	115	100	1277.18	6.07	77.5	15	3	13.44	210.55
269	45	60	120	105	1098.01	14.14	82.5	15	3	36.40	228.56
270	50	65	125	110	1763.36	12.97	87.5	15	3	20.78	243.29
271	55	70	130	115	1352.15	7.66	92.5	15	3	16.01	284.01
272	60	75	135	120	1936.38	13.82	97.5	15	3	20.17	289.7

273	65	80	140	125	2499.96	5.67	103	15	3	6.41	198.32
274	70	85	145	130	2332.78	19.18	108	15	3	23.24	204.39
275	75	90	150	135	2335.84	14.46	113	15	3	17.49	256.34
276	80	95	155	140	2292.92	6.30	118	15	3	7.76	265.726
277	0	15	90	75	626.44	6.85	45	15	4	61.85	256.937
278	5	20	95	80	206.41	19.75	50	15	4	540.77	248.26
279	10	25	100	85	1619.11	10.43	55	15	4	36.39	253.88
280	15	30	105	90	635.65	9.79	60	15	4	87.05	222.35
281	20	35	110	95	390.67	7.94	65	15	4	114.85	240.97
282	25	40	115	100	1717.05	5.31	70	15	4	17.48	770.2
283	30	45	120	105	1141.39	21.75	75	15	4	107.71	253.91
284	35	50	125	110	1603.85	14.85	80	15	4	52.33	283.84
285	40	55	130	115	1275.35	31.08	85	15	4	137.74	277.22
286	45	60	135	120	1095.23	11.14	90	15	4	57.50	289.09
287	50	65	140	125	1764.69	3.41	95	15	4	10.92	240.53
288	55	70	145	130	1351.04	13.45	100	15	4	56.25	239.08
289	60	75	150	135	1940.51	11.86	105	15	4	34.54	855.6
290	65	80	155	140	2499.96	18.72	110	15	4	42.33	239.7
291	0	15	105	90	625.71	29.24	52.5	15	5	462.25	901
292	5	20	110	95	205.32	10.38	57.5	15	5	500.21	242.35
293	10	25	115	100	1616.81	18.36	62.5	15	5	112.34	250.47
294	15	30	120	105	635.14	14.55	67.5	15	5	226.63	233.33
295	20	35	125	110	386.68	5.72	72.5	15	5	146.42	219.47
296	25	40	130	115	1714.74	15.62	77.5	15	5	90.11	239.59
297	30	45	135	120	1135.18	11.13	82.5	15	5	97.00	300.09
298	35	50	140	125	1603.15	11.03	87.5	15	5	68.04	309.38
299	40	55	145	130	1274.81	15.44	92.5	15	5	119.78	734.73
300	45	60	150	135	1097.85	8.26	97.5	15	5	74.41	234.89
301	50	65	155	140	1763.69	14.79	103	15	5	82.96	274.65
302	0	15	120	105	579.36	8.16	60	15	6	222.89	255.94
303	5	20	125	110	205.57	5.11	65	15	6	393.50	274.64
304	10	25	130	115	1615.66	13.84	70	15	6	135.53	259.18
305	15	30	135	120	673.59	33.70	75	15	6	791.74	270.61
306	20	35	140	125	382.78	8.29	80	15	6	342.81	237.13
307	25	40	145	130	1713.27	8.92	85	15	6	82.38	273.13
308	30	45	150	135	1141.90	9.45	90	15	6	130.98	265.52
309	35	50	155	140	1603.35	13.72	95	15	6	135.46	254.79
310	0	20	120	100	210.31	8.83	60	20	4	316.52	244.61
311	5	25	125	105	1389.20	21.67	65	20	4	117.56	637.65
312	10	30	130	110	1731.68	14.65	70	20	4	63.76	901
313	15	35	135	115	675.66	14.25	75	20	4	158.95	268.38

314	20	40	140	120	672.30	9.05	80	20	4	101.50	674.72
315	25	45	145	125	1068.77	8.58	85	20	4	60.52	788.8
316	30	50	150	130	1519.29	5.91	90	20	4	29.33	652.15
317	35	55	155	135	1333.13	12.10	95	20	4	68.42	243
318	0	20	140	120	633.26	6.56	70	20	5	136.57	925.93
319	5	25	145	125	1343.30	16.71	75	20	5	164.01	837.07
320	10	30	150	130	1691.20	5.04	80	20	5	39.31	901
321	15	35	155	135	626.47	9.91	85	20	5	208.57	888.99

LINE 2

Panjang Lintasan: 160 Meter

Spasi: 5 Meter

Lintang: -7.381833° LS sampai -7.382222° LS

Bujur: 112.511611° BT sampai 112.513000° BT

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	Data Res2Dinv				
	A	B	M	N			x line	spasi	n	ρa (Ωm)	M (ms)
1	0	5	15	10	1571.34	18.62	7.5	5	1	1.12	353.97
2	5	10	20	15	1700.54	12.77	12.5	5	1	0.71	296.45
3	10	15	25	20	1857.88	15.87	17.5	5	1	0.80	426.86
4	15	20	30	25	254.87	16.41	22.5	5	1	6.04	387.33
5	20	25	35	30	214.89	44.37	27.5	5	1	21.15	313.43
6	25	30	40	35	404.61	5.60	32.5	5	1	1.29	289.14
7	30	35	45	40	1780.40	117.10	37.5	5	1	6.20	315.13
8	35	40	50	45	390.64	4.93	42.5	5	1	1.19	181.59
9	40	45	55	50	364.11	4.97	47.5	5	1	1.29	286.74
10	45	50	60	55	1969.51	44.33	52.5	5	1	2.12	240.95
11	50	55	65	60	2148.42	18.66	57.5	5	1	0.82	246.53
12	55	60	70	65	2499.96	16.19	62.5	5	1	0.61	252.07
13	60	65	75	70	2499.96	19.74	67.5	5	1	0.74	222.63
14	65	70	80	75	2499.96	18.76	72.5	5	1	0.71	265.06
15	70	75	85	80	2499.96	16.18	77.5	5	1	0.61	249.96
16	75	80	90	85	2499.96	20.76	82.5	5	1	0.78	243.57
17	80	85	95	90	2499.96	9.68	87.5	5	1	0.36	208.91
18	85	90	100	95	2499.96	16.47	92.5	5	1	0.62	279.05
19	90	95	105	100	2499.96	28.73	97.5	5	1	1.08	248.06
20	95	100	110	105	2489.13	16.06	103	5	1	0.61	285.64

21	100	105	115	110	2499.96	19.45	108	5	1	0.73	300.33
22	105	110	120	115	2312.48	15.01	113	5	1	0.61	277.19
23	110	115	125	120	2227.31	15.01	118	5	1	0.63	308.15
24	115	120	130	125	2221.65	21.87	123	5	1	0.93	263.35
25	120	125	135	130	1663.77	14.18	128	5	1	0.80	166.95
26	125	130	140	135	1511.35	12.82	133	5	1	0.80	222.09
27	130	135	145	140	1785.72	11.78	138	5	1	0.62	308.86
28	135	140	150	145	996.58	11.12	143	5	1	1.05	209.38
29	140	145	155	150	816.44	135.20	148	5	1	15.61	235.09
30	0	5	20	15	1573.19	11.80	10	5	2	2.83	384.37
31	5	10	25	20	1698.46	9.51	15	5	2	2.11	370.13
32	10	15	30	25	1855.25	6.89	20	5	2	1.40	434.41
33	15	20	35	30	193.53	18.88	25	5	2	34.11	435.82
34	20	25	40	35	131.93	11.08	30	5	2	32.09	380.49
35	25	30	45	40	406.94	6.33	35	5	2	5.85	318.83
36	30	35	50	45	1790.10	14.81	40	5	2	3.12	261.86
37	35	40	55	50	366.16	3.98	45	5	2	4.09	253.13
38	40	45	60	55	357.59	5.92	50	5	2	6.25	287.44
39	45	50	65	60	1968.31	16.74	55	5	2	3.21	228.03
40	50	55	70	65	2154.20	16.45	60	5	2	2.88	238.18
41	55	60	75	70	2499.96	9.10	65	5	2	1.37	284.05
42	60	65	80	75	2499.96	6.44	70	5	2	0.97	249.77
43	65	70	85	80	2499.96	10.51	75	5	2	1.58	223.05
44	70	75	90	85	2499.96	9.32	80	5	2	1.40	275.83
45	75	80	95	90	2499.96	12.26	85	5	2	1.85	263.98
46	80	85	100	95	2499.96	7.69	90	5	2	1.16	322.39
47	85	90	105	100	2499.96	11.54	95	5	2	1.74	301.17
48	90	95	110	105	2499.96	9.08	100	5	2	1.37	299.34
49	95	100	115	110	2481.20	12.02	105	5	2	1.83	347.41
50	100	105	120	115	2499.96	13.10	110	5	2	1.98	305.89
51	105	110	125	120	2324.75	10.05	115	5	2	1.63	316.02
52	110	115	130	125	2239.58	8.37	120	5	2	1.41	251.37
53	115	120	135	130	2216.05	9.01	125	5	2	1.53	175.57
54	120	125	140	135	1660.54	11.96	130	5	2	2.72	200.33
55	125	130	145	140	1512.21	12.86	135	5	2	3.21	297.49
56	130	135	150	145	1779.66	12.09	140	5	2	2.56	303.67
57	135	140	155	150	992.30	4.77	145	5	2	1.81	280.09
58	0	5	25	20	1568.29	4.35	12.5	5	3	2.62	384.55
59	5	10	30	25	1694.70	5.79	17.5	5	3	3.22	349.9
60	10	15	35	30	1850.62	7.16	22.5	5	3	3.65	433.67
61	15	20	40	35	352.62	6.21	27.5	5	3	16.47	437.81

62	20	25	45	40	104.87	36.95	32.5	5	3	332.79	359.01
63	25	30	50	45	407.47	12.46	37.5	5	3	28.82	261.91
64	30	35	55	50	1787.56	16.96	42.5	5	3	8.94	308.37
65	35	40	60	55	362.74	6.06	47.5	5	3	15.72	264.02
66	40	45	65	60	354.19	7.49	52.5	5	3	19.97	260.91
67	45	50	70	65	1963.75	14.16	57.5	5	3	6.80	209.15
68	50	55	75	70	2148.06	12.55	62.5	5	3	5.51	269.58
69	55	60	80	75	2499.96	4.39	67.5	5	3	1.66	299.13
70	60	65	85	80	2499.96	8.66	72.5	5	3	3.27	218.86
71	65	70	90	85	2499.96	9.13	77.5	5	3	3.44	242.29
72	70	75	95	90	2499.96	9.59	82.5	5	3	3.61	293.32
73	75	80	100	95	2499.96	5.63	87.5	5	3	2.12	364.75
74	80	85	105	100	2499.96	12.54	92.5	5	3	4.73	287.24
75	85	90	110	105	2499.96	9.11	97.5	5	3	3.44	303.59
76	90	95	115	110	2499.96	6.93	103	5	3	2.61	268.18
77	95	100	120	115	2472.83	9.46	108	5	3	3.60	358.11
78	100	105	125	120	2499.96	21.13	113	5	3	7.97	316.09
79	105	110	130	125	2320.99	17.71	118	5	3	7.19	278.73
80	110	115	135	130	2235.72	18.47	123	5	3	7.79	202.24
81	115	120	140	135	2211.65	15.43	128	5	3	6.57	229.44
82	120	125	145	140	1656.32	21.88	133	5	3	12.45	248.18
83	125	130	150	145	1506.71	18.02	138	5	3	11.27	280.84
84	130	135	155	150	1776.24	10.97	143	5	3	5.82	333.7
85	0	5	30	25	1565.06	9.93	15	5	4	11.96	359.49
86	5	10	35	30	1691.69	14.32	20	5	4	15.96	360.76
87	10	15	40	35	1846.18	10.25	25	5	4	10.46	363.94
88	15	20	45	40	109.83	74.81	30	5	4	1264.00	364.37
89	20	25	50	45	81.33	4.77	35	5	4	110.22	299.73
90	25	30	55	50	404.55	14.23	40	5	4	66.72	288.54
91	30	35	60	55	1788.40	14.99	45	5	4	15.79	316.85
92	35	40	65	60	359.62	9.16	50	5	4	47.81	240.85
93	40	45	70	65	351.51	32.09	55	5	4	171.93	238.27
94	45	50	75	70	1962.71	19.10	60	5	4	18.35	245.28
95	50	55	80	75	2144.93	8.25	65	5	4	7.25	272.66
96	55	60	85	80	2499.96	10.28	70	5	4	7.75	269.84
97	60	65	90	85	2499.96	13.84	75	5	4	10.43	246.04
98	65	70	95	90	2499.96	7.24	80	5	4	5.46	256.15
99	70	75	100	95	2499.96	4.52	85	5	4	3.41	385.78
100	75	80	105	100	2499.96	10.67	90	5	4	8.05	308.83
101	80	85	110	105	2499.96	10.90	95	5	4	8.22	299.41
102	85	90	115	110	2499.96	4.22	100	5	4	3.18	272.37

103	90	95	120	115	2498.96	5.33	105	5	4	4.02	269.94
104	95	100	125	120	2472.14	9.75	110	5	4	7.43	357.55
105	100	105	130	125	2499.96	10.87	115	5	4	8.19	265.13
106	105	110	135	130	2316.98	13.95	120	5	4	11.35	272.86
107	110	115	140	135	2231.13	16.09	125	5	4	13.60	261.73
108	115	120	145	140	2206.80	17.48	130	5	4	14.93	261.72
109	120	125	150	145	1654.40	10.31	135	5	4	11.74	237.78
110	125	130	155	150	1507.20	10.33	140	5	4	12.92	306.07
111	0	5	35	30	1564.13	14.22	17.5	5	5	29.98	371.2
112	5	10	40	35	1688.88	7.44	22.5	5	5	14.53	355.63
113	10	15	45	40	1842.37	14.18	27.5	5	5	25.38	311.8
114	15	20	50	45	96.52	12.85	32.5	5	5	483.09	306.46
115	20	25	55	50	52.04	4.91	37.5	5	5	316.75	321.23
116	25	30	60	55	403.39	9.80	42.5	5	5	80.06	295.25
117	30	35	65	60	1787.40	11.11	47.5	5	5	20.49	288.68
118	35	40	70	65	357.37	7.57	52.5	5	5	69.91	221.18
119	40	45	75	70	348.57	4.16	57.5	5	5	39.16	274.47
120	45	50	80	75	1959.85	11.44	62.5	5	5	19.26	243.24
121	50	55	85	80	2139.92	19.56	67.5	5	5	30.15	239.49
122	55	60	90	85	2499.96	108.97	72.5	5	5	143.79	293.49
123	60	65	95	90	2499.96	15.35	77.5	5	5	20.26	261.58
124	65	70	100	95	2499.96	8.08	82.5	5	5	10.67	349.24
125	70	75	105	100	2499.96	24.22	87.5	5	5	31.96	315.52
126	75	80	110	105	2499.96	5.90	92.5	5	5	7.78	327.08
127	80	85	115	110	2499.96	12.24	97.5	5	5	16.15	269.24
128	85	90	120	115	2499.96	3.23	103	5	5	4.26	276.72
129	90	95	125	120	2493.54	18.29	108	5	5	24.20	261.76
130	95	100	130	125	2468.52	13.79	113	5	5	18.43	321.18
131	100	105	135	130	2499.96	10.69	118	5	5	14.11	250.66
132	105	110	140	135	2309.42	11.44	123	5	5	16.34	326.97
133	110	115	145	140	2223.52	8.49	128	5	5	12.60	277.49
134	115	120	150	145	2198.16	97.90	133	5	5	146.92	257.44
135	120	125	155	150	1643.27	10.84	138	5	5	21.76	268.33
136	0	5	40	35	1560.75	9.09	20	5	6	30.74	368.51
137	5	10	45	40	1683.88	11.22	25	5	6	35.16	343.59
138	10	15	50	45	1836.17	15.45	30	5	6	44.40	269.48
139	15	20	55	50	1503.52	66.91	35	5	6	234.88	324.46
140	20	25	60	55	904.87	4.18	40	5	6	24.37	328.15
141	25	30	65	60	402.32	8.65	45	5	6	113.83	260.57
142	30	35	70	65	1784.90	15.88	50	5	6	46.95	264.37
143	35	40	75	70	354.17	10.56	55	5	6	157.69	263.51

144	40	45	80	75	602.98	10.55	60	5	6	92.57	270.01
145	45	50	85	80	1955.43	12.58	65	5	6	33.96	208.9
146	50	55	90	85	2133.58	18.38	70	5	6	45.47	261.84
147	55	60	95	90	2499.96	6.57	75	5	6	13.87	302.34
148	60	65	100	95	2499.96	56.49	80	5	6	119.26	354
149	65	70	105	100	2499.96	11.40	85	5	6	24.07	263.17
150	70	75	110	105	2499.96	10.29	90	5	6	21.72	339.76
151	75	80	115	110	2499.96	5.62	95	5	6	11.87	297.94
152	80	85	120	115	2499.96	5.80	100	5	6	12.24	273.32
153	85	90	125	120	2499.96	8.65	105	5	6	18.26	268.1
154	90	95	130	125	2493.93	34.72	110	5	6	73.48	223.96
155	95	100	135	130	2463.92	10.52	115	5	6	22.53	332.42
156	100	105	140	135	2495.98	5.86	120	5	6	12.39	285.17
157	105	110	145	140	2301.65	16.78	125	5	6	38.48	330.8
158	110	115	150	145	2214.18	13.44	130	5	6	32.02	276.83
159	115	120	155	150	2190.48	15.59	135	5	6	37.56	289.02
160	0	10	40	30	1662.81	11.66	20	10	2	5.29	364.02
161	5	15	45	35	1696.37	9.76	25	10	2	4.34	344.54
162	10	20	50	40	1489.49	5.77	30	10	2	2.92	324.36
163	15	25	55	45	228.86	4.62	35	10	2	15.39	310.81
164	20	30	60	50	1494.21	7.90	40	10	2	3.99	305.89
165	25	35	65	55	415.98	10.51	45	10	2	19.02	297.34
166	30	40	70	60	330.98	9.15	50	10	2	20.82	252.96
167	35	45	75	65	2155.27	14.45	55	10	2	5.07	247.4
168	40	50	80	70	588.04	9.62	60	10	2	12.33	257.77
169	45	55	85	75	2288.89	10.87	65	10	2	3.58	246.52
170	50	60	90	80	2128.96	11.72	70	10	2	4.15	268.68
171	55	65	95	85	2499.96	10.71	75	10	2	3.23	270.54
172	60	70	100	90	2499.96	9.22	80	10	2	2.78	302.31
173	65	75	105	95	2499.96	8.84	85	10	2	2.67	347.74
174	70	80	110	100	2499.96	8.54	90	10	2	2.58	320.18
175	75	85	115	105	2499.96	11.82	95	10	2	3.56	298.96
176	80	90	120	110	2499.96	8.28	100	10	2	2.50	273.02
177	85	95	125	115	2499.96	3.92	105	10	2	1.18	269.52
178	90	100	130	120	2499.96	7.82	110	10	2	2.36	310.88
179	95	105	135	125	2404.33	8.88	115	10	2	2.78	284.58
180	100	110	140	130	2348.90	9.25	120	10	2	2.97	283.93
181	105	115	145	135	2338.16	10.70	125	10	2	3.45	294.69
182	110	120	150	140	2152.07	13.68	130	10	2	4.79	266.17
183	115	125	155	145	1671.53	15.93	135	10	2	7.19	257.89
184	0	10	50	40	1661.61	7.35	25	10	3	8.34	337.77

185	5	15	55	45	1692.42	13.39	30	10	3	14.91	294.72
186	10	20	60	50	23.61	5.76	35	10	3	516.02	314.33
187	15	25	65	55	231.29	10.60	40	10	3	88.33	315.43
188	20	30	70	60	1493.84	15.21	45	10	3	19.20	263.45
189	25	35	75	65	415.14	10.12	50	10	3	45.93	268.27
190	30	40	80	70	329.20	13.09	55	10	3	75.11	279.01
191	35	45	85	75	2150.94	13.08	60	10	3	11.47	251.28
192	40	50	90	80	583.87	40.33	65	10	3	129.36	233.94
193	45	55	95	85	2288.12	11.87	70	10	3	9.78	250.66
194	50	60	100	90	2125.00	10.24	75	10	3	9.08	329.35
195	55	65	105	95	2499.96	12.34	80	10	3	9.31	337.8
196	60	70	110	100	2499.96	8.24	85	10	3	6.21	277.16
197	65	75	115	105	2499.96	12.19	90	10	3	9.19	307.04
198	70	80	120	110	2499.96	99.98	95	10	3	75.39	305.28
199	75	85	125	115	2499.96	214.33	100	10	3	161.61	280.64
200	80	90	130	120	2499.96	8.68	105	10	3	6.55	253.69
201	85	95	135	125	2499.96	5.82	110	10	3	4.39	239.4
202	90	100	140	130	2499.96	12.17	115	10	3	9.17	309.65
203	95	105	145	135	2399.89	116.80	120	10	3	91.74	311.39
204	100	110	150	140	2342.59	26.27	125	10	3	21.14	308.73
205	105	115	155	145	2330.81	262.85	130	10	3	212.57	314.2
206	0	10	60	50	1656.85	14.38	30	10	4	32.72	346.56
207	5	15	65	55	1686.27	351.43	35	10	4	785.69	305.8
208	10	20	70	60	1490.73	13.83	40	10	4	34.96	271.66
209	15	25	75	65	233.87	5.65	45	10	4	91.53	283.73
210	20	30	80	70	1495.15	6.80	50	10	4	17.14	282.2
211	25	35	85	75	415.29	19.29	55	10	4	174.87	265.21
212	30	40	90	80	329.96	4.49	60	10	4	51.25	255.77
213	35	45	95	85	2145.81	10.30	65	10	4	18.09	259.1
214	40	50	100	90	619.47	2.99	70	10	4	18.20	293.16
215	45	55	105	95	2283.52	15.13	75	10	4	24.97	305.95
216	50	60	110	100	2120.37	130.12	80	10	4	231.35	291.68
217	55	65	115	105	2499.96	191.86	85	10	4	289.33	297.76
218	60	70	120	110	2499.96	284.27	90	10	4	428.68	264.43
219	65	75	125	115	2499.96	14.64	95	10	4	22.08	286.5
220	70	80	130	120	2499.96	289.94	100	10	4	437.22	284.52
221	75	85	135	125	2499.96	12.21	105	10	4	18.41	257.95
222	80	90	140	130	2499.96	120.15	110	10	4	181.18	269.99
223	85	95	145	135	2499.96	177.26	115	10	4	267.31	266.33
224	90	100	150	140	2499.96	59.13	120	10	4	89.17	303.18
225	95	105	155	145	2396.75	221.32	125	10	4	348.13	262.18

226	0	10	70	60	1657.95	24.15	35	10	5	96.11	270.97
227	5	15	75	65	1684.89	12.21	40	10	5	47.79	299.3
228	10	20	80	70	1490.47	16.59	45	10	5	73.43	285.65
229	15	25	85	75	237.15	7.59	50	10	5	210.93	272.39
230	20	30	90	80	1497.35	27.71	55	10	5	122.10	256.09
231	25	35	95	85	414.76	15.90	60	10	5	254.44	311.33
232	30	40	100	90	612.93	7.99	65	10	5	85.99	263.79
233	35	45	105	95	2144.43	10.43	70	10	5	32.08	292.29
234	40	50	110	100	578.61	11.00	75	10	5	125.31	279.42
235	45	55	115	105	2281.60	10.52	80	10	5	30.41	247.84
236	50	60	120	110	2117.25	10.81	85	10	5	33.68	430.03
237	55	65	125	115	2499.96	9.37	90	10	5	24.73	313.08
238	60	70	130	120	2499.96	8.36	95	10	5	22.06	239.6
239	65	75	135	125	2499.96	9.19	100	10	5	24.25	249.81
240	70	80	140	130	2499.96	7.83	105	10	5	20.65	290.48
241	75	85	145	135	2499.96	4.37	110	10	5	11.52	281.03
242	80	90	150	140	2499.96	9.08	115	10	5	23.97	195.1
243	85	95	155	145	2499.96	4.91	120	10	5	12.96	193.2
244	0	10	80	70	1656.46	10.99	40	10	6	70.01	269.66
245	5	15	85	75	1683.11	10.13	45	10	6	63.51	305.59
246	10	20	90	80	1494.73	36.14	50	10	6	255.22	278.62
247	15	25	95	85	236.45	5.50	55	10	6	245.06	254.53
248	20	30	100	90	1499.13	5.13	60	10	6	36.09	259.88
249	25	35	105	95	413.74	13.35	65	10	6	340.98	334.68
250	30	40	110	100	614.40	0.94	70	10	6	16.08	279.74
251	35	45	115	105	2143.04	11.78	75	10	6	58.04	268.09
252	40	50	120	110	577.77	8.01	80	10	6	146.46	311.48
253	45	55	125	115	2279.42	3.69	85	10	6	17.11	294.13
254	50	60	130	120	2114.40	8.98	90	10	6	44.85	282.95
255	55	65	135	125	2499.96	8.17	95	10	6	34.48	284.27
256	60	70	140	130	2499.96	5.05	100	10	6	21.32	268.51
257	65	75	145	135	2499.96	5.42	105	10	6	22.89	265.4
258	70	80	150	140	2499.96	7.19	110	10	6	30.37	291.06
259	75	85	155	145	2499.96	7.86	115	10	6	33.18	295.59
260	0	15	75	60	1668.96	6.29	37.5	15	3	10.65	293.53
261	5	20	80	65	1409.54	14.05	42.5	15	3	28.17	253.71
262	10	25	85	70	240.15	9.49	47.5	15	3	112.17	273.06
263	15	30	90	75	1618.56	11.19	52.5	15	3	19.56	273.27
264	20	35	95	80	1622.94	9.70	57.5	15	3	16.91	286.5
265	25	40	100	85	315.46	7.91	62.5	15	3	70.88	308.09
266	30	45	105	90	1710.98	12.41	67.5	15	3	20.50	311.14

267	35	50	110	95	1992.88	12.71	72.5	15	3	18.04	270.05
268	40	55	115	100	592.21	9.40	77.5	15	3	45.37	271.26
269	45	60	120	105	2278.96	4.23	82.5	15	3	5.25	242.4
270	50	65	125	110	2232.20	12.43	87.5	15	3	15.75	237.64
271	55	70	130	115	2499.96	7.33	92.5	15	3	8.29	257.98
272	60	75	135	120	2499.96	18.37	97.5	15	3	20.77	264.18
273	65	80	140	125	2499.96	2.58	103	15	3	2.91	267.9
274	70	85	145	130	2499.96	9.01	108	15	3	10.19	286.62
275	75	90	150	135	2499.96	1.76	113	15	3	1.99	285.24
276	80	95	155	140	2499.96	5.52	118	15	3	6.24	268.72
277	0	15	90	75	1666.23	13.17	45	15	4	44.68	293.89
278	5	20	95	80	1411.83	10.95	50	15	4	43.85	280.26
279	10	25	100	85	1019.37	18.22	55	15	4	101.06	307.75
280	15	30	105	90	1617.30	10.30	60	15	4	36.00	259.82
281	20	35	110	95	1625.86	10.61	65	15	4	36.89	225.45
282	25	40	115	100	313.77	12.12	70	15	4	218.62	277.09
283	30	45	120	105	1708.90	14.27	75	15	4	47.21	260.78
284	35	50	125	110	1985.66	13.10	80	15	4	37.33	245.86
285	40	55	130	115	590.52	4.28	85	15	4	40.47	901
286	45	60	135	120	2267.77	9.77	90	15	4	24.37	241.76
287	50	65	140	125	2221.44	4.30	95	15	4	10.94	249.1
288	55	70	145	130	2499.66	8.31	100	15	4	18.80	257.64
289	60	75	150	135	2499.96	3.05	105	15	4	6.89	258.36
290	65	80	155	140	2499.96	5.48	110	15	4	12.39	271.41
291	0	15	105	90	1663.70	10.30	52.5	15	5	61.24	285.27
292	5	20	110	95	1407.80	17.39	57.5	15	5	122.17	272.93
293	10	25	115	100	1017.25	7.40	62.5	15	5	71.98	323.77
294	15	30	120	105	1614.37	6.59	67.5	15	5	40.39	678.03
295	20	35	125	110	1627.85	9.39	72.5	15	5	57.10	607.65
296	25	40	130	115	448.40	3.96	77.5	15	5	87.40	263.73
297	30	45	135	120	1701.37	13.15	82.5	15	5	76.49	253.53
298	35	50	140	125	1977.51	8.91	87.5	15	5	44.60	263.2
299	40	55	145	130	595.11	9.18	92.5	15	5	152.05	261.15
300	45	60	150	135	2262.98	6.90	97.5	15	5	30.16	658.66
301	50	65	155	140	2216.29	3.35	103	15	5	14.95	901
302	0	15	120	105	1657.92	5.16	60	15	6	49.25	265.68
303	5	20	125	110	1410.88	9.96	65	15	6	111.80	273.34
304	10	25	130	115	1025.81	6.22	70	15	6	96.00	240.91
305	15	30	135	120	1610.30	9.70	75	15	6	95.43	235.89
306	20	35	140	125	1627.45	5.82	80	15	6	56.59	250.38
307	25	40	145	130	501.24	1.31	85	15	6	41.46	249.59

308	30	45	150	135	1697.32	29.05	90	15	6	271.02	901
309	35	50	155	140	1972.38	8.62	95	15	6	69.19	288.05
310	0	20	120	100	1395.79	6.91	60	20	4	37.34	256.82
311	5	25	125	105	264.93	7.85	65	20	4	223.60	901
312	10	30	130	110	1594.03	8.74	70	20	4	41.36	255.61
313	15	35	135	115	1973.00	3.11	75	20	4	11.88	251.98
314	20	40	140	120	589.57	4.82	80	20	4	61.71	251.19
315	25	45	145	125	1097.08	9.10	85	20	4	62.80	243.54
316	30	50	150	130	1939.77	10.45	90	20	4	40.63	323.72
317	35	55	155	135	2346.38	3.74	95	20	4	12.03	277.38
318	0	20	140	120	1403.80	7.32	70	20	5	68.84	901
319	5	25	145	125	1005.20	14.11	75	20	5	185.26	279.03
320	10	30	150	130	1792.11	10.60	80	20	5	78.07	265.44
321	15	35	155	135	1992.42	4.69	85	20	5	31.07	557.08

LINE 3

Panjang Lintasan: 160 Meter

Spasi: 5 Meter

Lintang: -7.382139° LS sampai -7.382500° LS

Bujur: 112.511556° BT sampai 112.512889° BT

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	Data Res2Dinv				
	A	B	M	N			x line	spasi	n	ρ_a (Ω m)	M (ms)
1	0	5	15	10	1302.11	13.84	7.5	5	1	1.00	257.912
2	5	10	20	15	1266.53	13.28	12.5	5	1	0.99	343.842
3	10	15	25	20	1308.98	4.15	17.5	5	1	0.30	255.824
4	15	20	30	25	686.84	10.50	22.5	5	1	1.44	245.27
5	20	25	35	30	776.05	15.96	27.5	5	1	1.94	341.985
6	25	30	40	35	1930.21	92.51	32.5	5	1	4.52	181.648
7	30	35	45	40	1938.80	21.42	37.5	5	1	1.04	368.047
8	35	40	50	45	1837.80	15.68	42.5	5	1	0.80	296.862
9	40	45	55	50	1246.35	11.17	47.5	5	1	0.84	171.558
10	45	50	60	55	1286.10	7.56	52.5	5	1	0.55	310.576
11	50	55	65	60	2068.38	22.24	57.5	5	1	1.01	260.411
12	55	60	70	65	1440.40	10.97	62.5	5	1	0.72	297.88
13	60	65	75	70	1192.22	9.62	67.5	5	1	0.76	221.974
14	65	70	80	75	1548.00	10.58	72.5	5	1	0.64	217.957

15	70	75	85	80	2028.17	23.95	77.5	5	1	1.11	184.363
16	75	80	90	85	2040.19	101.80	82.5	5	1	4.70	242.449
17	80	85	95	90	2169.22	12.49	87.5	5	1	0.54	296.493
18	85	90	100	95	2187.52	16.52	92.5	5	1	0.71	399.747
19	90	95	105	100	2238.01	13.70	97.5	5	1	0.58	292.127
20	95	100	110	105	2489.53	20.47	102.5	5	1	0.77	334.005
21	100	105	115	110	2344.00	20.37	107.5	5	1	0.82	239.246
22	105	110	120	115	1800.54	15.58	112.5	5	1	0.82	334.774
23	110	115	125	120	1813.72	24.17	117.5	5	1	1.26	339.736
24	115	120	130	125	1576.40	15.17	122.5	5	1	0.91	303.367
25	120	125	135	130	293.07	2.55	127.5	5	1	0.82	369.138
26	125	130	140	135	313.47	5.34	132.5	5	1	1.61	362.244
27	130	135	145	140	241.21	7.22	137.5	5	1	2.82	271.142
28	135	140	150	145	294.33	6.36	142.5	5	1	2.04	316.172
29	140	145	155	150	291.58	6.77	147.5	5	1	2.19	334.936
30	0	5	20	15	1295.45	6.32	10	5	2	1.84	339.711
31	5	10	25	20	1263.88	9.17	15	5	2	2.73	320.855
32	10	15	30	25	1303.60	16.41	20	5	2	4.75	161.312
33	15	20	35	30	771.62	3.01	25	5	2	1.47	328.55
34	20	25	40	35	878.19	4.87	30	5	2	2.09	235.942
35	25	30	45	40	1951.07	162.44	35	5	2	31.39	192.215
36	30	35	50	45	1961.77	5.75	40	5	2	1.10	354.039
37	35	40	55	50	1855.39	11.63	45	5	2	2.36	170.982
38	40	45	60	55	1285.30	8.31	50	5	2	2.44	219.426
39	45	50	65	60	1330.25	8.45	55	5	2	2.39	312.706
40	50	55	70	65	2095.19	10.96	60	5	2	1.97	268.064
41	55	60	75	70	1503.36	19.78	65	5	2	4.96	300.881
42	60	65	80	75	1227.62	6.44	70	5	2	1.98	238.743
43	65	70	85	80	1568.13	6.21	75	5	2	1.49	193.664
44	70	75	90	85	2035.31	36.06	80	5	2	6.68	231.589
45	75	80	95	90	2026.36	9.63	85	5	2	1.79	300.348
46	80	85	100	95	2163.49	12.26	90	5	2	2.14	330.272
47	85	90	105	100	2186.18	11.14	95	5	2	1.92	364.113
48	90	95	110	105	2251.57	10.52	100	5	2	1.76	321.828
49	95	100	115	110	2488.92	14.84	105	5	2	2.25	245.806
50	100	105	120	115	2356.88	13.34	110	5	2	2.13	248.104
51	105	110	125	120	1988.35	88.43	115	5	2	16.77	319.831
52	110	115	130	125	2002.37	10.18	120	5	2	1.92	321.668
53	115	120	135	130	1855.85	22.86	125	5	2	4.64	282.023
54	120	125	140	135	513.73	2.59	130	5	2	1.90	323.191
55	125	130	145	140	302.70	14.27	135	5	2	17.78	314.618

56	130	135	150	145	315.14	10.57	140	5	2	12.64	237.498
57	135	140	155	150	398.75	2.30	145	5	2	2.17	290.427
58	0	5	25	20	1354.96	11.51	12.5	5	3	8.01	312.818
59	5	10	30	25	1314.92	20.68	17.5	5	3	14.83	239.606
60	10	15	35	30	1336.47	10.63	22.5	5	3	7.50	253.714
61	15	20	40	35	813.11	11.27	27.5	5	3	13.06	255.254
62	20	25	45	40	900.61	2.64	32.5	5	3	2.76	244.923
63	25	30	50	45	1956.16	7.74	37.5	5	3	3.73	229.159
64	30	35	55	50	1966.65	92.76	42.5	5	3	44.46	257.04
65	35	40	60	55	1861.43	11.40	47.5	5	3	5.77	238.246
66	40	45	65	60	1305.28	8.62	52.5	5	3	6.22	230.691
67	45	50	70	65	1351.29	27.07	57.5	5	3	18.88	317.444
68	50	55	75	70	2100.28	24.71	62.5	5	3	11.09	252.492
69	55	60	80	75	1514.10	4.49	67.5	5	3	2.79	301.83
70	60	65	85	80	1229.47	4.79	72.5	5	3	3.67	214.881
71	65	70	90	85	1563.07	12.08	77.5	5	3	7.28	246.944
72	70	75	95	90	2025.99	21.53	82.5	5	3	10.02	295.483
73	75	80	100	95	2023.43	6.26	87.5	5	3	2.91	308.31
74	80	85	105	100	2161.67	7.32	92.5	5	3	3.19	292.495
75	85	90	110	105	2183.23	12.70	97.5	5	3	5.48	346.96
76	90	95	115	110	2250.33	20.78	102.5	5	3	8.70	278.827
77	95	100	120	115	2483.60	3.48	107.5	5	3	1.32	244.094
78	100	105	125	120	2349.89	2.97	112.5	5	3	1.19	264.115
79	105	110	130	125	1979.20	7.66	117.5	5	3	3.65	304.41
80	110	115	135	130	1993.55	6.96	122.5	5	3	3.29	293.693
81	115	120	140	135	1849.79	11.45	127.5	5	3	5.83	254.746
82	120	125	145	140	505.97	1.25	132.5	5	3	2.33	294.569
83	125	130	150	145	297.54	10.07	137.5	5	3	31.91	284.379
84	130	135	155	150	309.77	9.61	142.5	5	3	29.25	235.003
85	0	5	30	25	1340.38	5.32	15	5	4	7.49	231.87
86	5	10	35	30	1304.62	9.23	20	5	4	13.34	324.379
87	10	15	40	35	1327.33	8.35	25	5	4	11.85	170.342
88	15	20	45	40	772.83	11.64	30	5	4	28.38	268.27
89	20	25	50	45	881.88	5.83	35	5	4	12.47	291.61
90	25	30	55	50	1952.09	117.39	40	5	4	113.34	138.758
91	30	35	60	55	1960.43	82.57	45	5	4	79.37	317.646
92	35	40	65	60	1855.25	16.38	50	5	4	16.64	239.462
93	40	45	70	65	1296.67	12.11	55	5	4	17.60	238.193
94	45	50	75	70	1341.71	23.45	60	5	4	32.94	308.207
95	50	55	80	75	2093.57	8.11	65	5	4	7.30	247.2
96	55	60	85	80	1504.76	22.63	70	5	4	28.35	273.969

97	60	65	90	85	1225.97	10.62	75	5	4	16.33	266.204
98	65	70	95	90	1560.08	7.42	80	5	4	8.96	306.101
99	70	75	100	95	2016.67	15.37	85	5	4	14.36	290.976
100	75	80	105	100	2019.11	1.24	90	5	4	1.16	283.933
101	80	85	110	105	2157.77	11.14	95	5	4	9.73	270.672
102	85	90	115	110	2178.03	10.67	100	5	4	9.23	304.543
103	90	95	120	115	2246.31	8.13	105	5	4	6.82	285.813
104	95	100	125	120	2477.43	8.11	110	5	4	6.17	257.42
105	100	105	130	125	2343.17	5.07	115	5	4	4.08	271.19
106	105	110	135	130	1971.47	16.19	120	5	4	15.48	270.651
107	110	115	140	135	1986.28	3.67	125	5	4	3.48	269.639
108	115	120	145	140	1844.67	8.98	130	5	4	9.17	257.314
109	120	125	150	145	500.74	5.95	135	5	4	22.42	262.676
110	125	130	155	150	294.42	2.04	140	5	4	13.04	284.332
111	0	5	35	30	1332.85	4.71	17.5	5	5	11.66	317.546
112	5	10	40	35	1297.87	22.93	22.5	5	5	58.29	249.103
113	10	15	45	40	1320.07	8.90	27.5	5	5	22.25	180.675
114	15	20	50	45	762.06	2.77	32.5	5	5	12.00	322.158
115	20	25	55	50	960.81	9.99	37.5	5	5	34.29	213.994
116	25	30	60	55	1948.13	26.01	42.5	5	5	44.05	212.863
117	30	35	65	60	1930.29	7.75	47.5	5	5	13.25	312.557
118	35	40	70	65	1850.33	261.14	52.5	5	5	465.54	244.569
119	40	45	75	70	1291.90	13.94	57.5	5	5	35.58	232.198
120	45	50	80	75	1336.42	9.42	62.5	5	5	23.26	304.16
121	50	55	85	80	2088.62	17.97	67.5	5	5	28.38	213.998
122	55	60	90	85	1498.97	7.46	72.5	5	5	16.42	319.364
123	60	65	95	90	1223.34	7.66	77.5	5	5	20.66	318.85
124	65	70	100	95	1556.73	14.51	82.5	5	5	30.75	290.46
125	70	75	105	100	2010.68	3.13	87.5	5	5	5.13	279.478
126	75	80	110	105	2014.98	8.56	92.5	5	5	14.01	267.34
127	80	85	115	110	2154.41	14.14	97.5	5	5	21.66	233.34
128	85	90	120	115	2174.61	10.53	102.5	5	5	15.98	303.488
129	90	95	125	120	2243.59	15.67	107.5	5	5	23.04	305.887
130	95	100	130	125	2472.25	7.96	112.5	5	5	10.62	266.703
131	100	105	135	130	2338.67	5.23	117.5	5	5	7.38	245.014
132	105	110	140	135	1966.38	2.14	122.5	5	5	3.59	250.523
133	110	115	145	140	1980.73	18.63	127.5	5	5	31.02	281.324
134	115	120	150	145	1844.00	6.58	132.5	5	5	11.76	230.552
135	120	125	155	150	496.28	3.81	137.5	5	5	25.31	265.277
136	0	5	40	35	1326.87	9.35	20	5	6	37.16	241.304
137	5	10	45	40	1292.47	10.72	25	5	6	43.79	257.691

138	10	15	50	45	1314.81	12.09	30	5	6	48.53	241.744
139	15	20	55	50	752.98	1.71	35	5	6	12.02	252.758
140	20	25	60	55	854.16	9.05	40	5	6	55.90	283.975
141	25	30	65	60	1948.06	16.53	45	5	6	44.77	204.391
142	30	35	70	65	1953.13	7.92	50	5	6	21.42	315.968
143	35	40	75	70	1847.49	13.62	55	5	6	38.91	238.602
144	40	45	80	75	1288.44	4.54	60	5	6	18.61	228.399
145	45	50	85	80	1333.19	22.97	65	5	6	90.93	274.71
146	50	55	90	85	2085.34	3.91	70	5	6	9.90	263.439
147	55	60	95	90	1495.52	8.81	75	5	6	31.09	364.784
148	60	65	100	95	1220.46	7.78	80	5	6	33.66	295.384
149	65	70	105	100	1553.23	8.96	85	5	6	30.45	284.073
150	70	75	110	105	2005.31	9.78	90	5	6	25.75	266.259
151	75	80	115	110	2009.91	5.54	95	5	6	14.55	238.851
152	80	85	120	115	2150.99	9.53	100	5	6	23.37	233.244
153	85	90	125	120	2171.80	10.74	105	5	6	26.10	317.373
154	90	95	130	125	2232.60	15.47	110	5	6	36.57	319.522
155	95	100	135	130	2472.31	15.20	115	5	6	32.44	238.697
156	100	105	140	135	2337.47	12.12	120	5	6	27.36	237.314
157	105	110	145	140	1964.48	15.32	125	5	6	41.16	269.458
158	110	115	150	145	1979.45	9.36	130	5	6	24.95	254.688
159	115	120	155	150	1841.62	21.30	135	5	6	61.06	239.108
160	0	10	40	30	1740.88	8.52	20	10	2	3.69	293.11
161	5	15	45	35	1054.18	3.00	25	10	2	2.14	206.4
162	10	20	50	40	846.62	135.40	30	10	2	120.59	256.671
163	15	25	55	45	1335.61	9.45	35	10	2	5.34	275.605
164	20	30	60	50	881.99	26.41	40	10	2	22.57	199.43
165	25	35	65	55	1792.23	11.99	45	10	2	5.05	273.33
166	30	40	70	60	2021.90	10.00	50	10	2	3.73	271.885
167	35	45	75	65	1259.44	11.09	55	10	2	6.64	238.438
168	40	50	80	70	2009.31	133.62	60	10	2	50.14	277.162
169	45	55	85	75	1313.41	7.76	65	10	2	4.46	259.687
170	50	60	90	80	1513.62	13.05	70	10	2	6.50	269.223
171	55	65	95	85	1559.64	6.13	75	10	2	2.97	308.523
172	60	70	100	90	1484.65	8.54	80	10	2	4.34	303.554
173	65	75	105	95	1536.20	9.68	85	10	2	4.75	287.021
174	70	80	110	100	2028.37	10.03	90	10	2	3.73	276.285
175	75	85	115	105	2104.35	10.41	95	10	2	3.73	255.268
176	80	90	120	110	2056.16	3.83	100	10	2	1.41	276.561
177	85	95	125	115	2333.50	5.86	105	10	2	1.89	300.276
178	90	100	130	120	2283.32	7.77	110	10	2	2.57	281.857

179	95	105	135	125	2276.78	3.18	115	10	2	1.05	258.816
180	100	110	140	130	2096.53	18.51	120	10	2	6.66	254.264
181	105	115	145	135	2182.35	19.07	125	10	2	6.59	268.098
182	110	120	150	140	1680.49	14.26	130	10	2	6.40	257.174
183	115	125	155	145	514.20	23.51	135	10	2	34.47	253.014
184	0	10	50	40	1744.13	18.61	25	10	3	20.11	278.452
185	5	15	55	45	1051.44	4.22	30	10	3	7.57	242.773
186	10	20	60	50	838.29	9.32	35	10	3	20.95	247.479
187	15	25	65	55	1334.64	17.61	40	10	3	24.87	296.765
188	20	30	70	60	871.13	3.02	45	10	3	6.54	237.357
189	25	35	75	65	1794.11	15.58	50	10	3	16.37	268.845
190	30	40	80	70	2023.22	18.69	55	10	3	17.42	267.806
191	35	45	85	75	1258.29	13.72	60	10	3	20.55	217.949
192	40	50	90	80	2008.51	12.09	65	10	3	11.35	265.543
193	45	55	95	85	1310.25	45.38	70	10	3	65.27	310.386
194	50	60	100	90	1511.76	22.43	75	10	3	27.96	328.397
195	55	65	105	95	1554.61	11.84	80	10	3	14.36	311.684
196	60	70	110	100	1481.89	11.95	85	10	3	15.20	282.262
197	65	75	115	105	1533.33	20.52	90	10	3	25.23	259.468
198	70	80	120	110	2025.91	7.60	95	10	3	7.07	242.085
199	75	85	125	115	2100.17	16.61	100	10	3	14.91	244.798
200	80	90	130	120	2054.21	18.13	105	10	3	16.63	294.92
201	85	95	135	125	2324.51	45.69	110	10	3	37.06	312.444
202	90	100	140	130	2280.78	17.99	115	10	3	14.87	261.01
203	95	105	145	135	2272.23	32.73	120	10	3	27.15	248.474
204	100	110	150	140	2093.32	18.22	125	10	3	16.41	258.967
205	105	115	155	145	2179.18	12.31	130	10	3	10.65	254.685
206	0	10	60	50	1741.59	9.07	30	10	4	19.64	275.259
207	5	15	65	55	1048.39	5.64	35	10	4	20.30	269.738
208	10	20	70	60	829.92	11.47	40	10	4	52.10	280.414
209	15	25	75	65	1331.43	14.11	45	10	4	39.96	295.857
210	20	30	80	70	860.57	75.75	50	10	4	332.05	233.513
211	25	35	85	75	1792.68	8.45	55	10	4	17.77	246.711
212	30	40	90	80	2019.92	26.98	60	10	4	50.35	260.073
213	35	45	95	85	1256.48	21.77	65	10	4	65.34	276.291
214	40	50	100	90	2004.81	6.28	70	10	4	11.82	323.358
215	45	55	105	95	1306.95	22.89	75	10	4	66.01	302.535
216	50	60	110	100	1508.81	6.23	80	10	4	15.56	301.392
217	55	65	115	105	1548.51	12.33	85	10	4	30.03	291.143
218	60	70	120	110	1478.74	8.87	90	10	4	22.60	259.637
219	65	75	125	115	1529.24	11.71	95	10	4	28.87	261.655

220	70	80	130	120	2022.71	21.97	100	10	4	40.95	270.704
221	75	85	135	125	2095.98	23.60	105	10	4	42.45	256.298
222	80	90	140	130	2050.86	12.77	110	10	4	23.47	269.374
223	85	95	145	135	2317.65	16.52	115	10	4	26.87	307.069
224	90	100	150	140	2277.07	10.90	120	10	4	18.05	282.74
225	95	105	155	145	2266.38	10.32	125	10	4	17.16	251.324
226	0	10	70	60	1737.18	4.10	35	10	5	15.57	273.834
227	5	15	75	65	1046.24	19.72	40	10	5	124.34	300.596
228	10	20	80	70	821.77	97.43	45	10	5	782.20	306.186
229	15	25	85	75	1327.52	11.59	50	10	5	57.59	268.239
230	20	30	90	80	853.50	6.36	55	10	5	49.18	277.506
231	25	35	95	85	1789.50	11.16	60	10	5	41.13	277.797
232	30	40	100	90	2015.58	14.87	65	10	5	48.67	227.094
233	35	45	105	95	1254.63	8.28	70	10	5	43.55	303.301
234	40	50	110	100	2000.51	3.37	75	10	5	11.12	317.967
235	45	55	115	105	1304.54	7.33	80	10	5	37.07	264.643
236	50	60	120	110	1506.21	14.77	85	10	5	64.71	296.26
237	55	65	125	115	1543.97	7.64	90	10	5	32.66	281.47
238	60	70	130	120	1475.70	3.69	95	10	5	16.51	280.323
239	65	75	135	125	1525.21	10.25	100	10	5	44.34	297.079
240	70	80	140	130	2018.60	12.36	105	10	5	40.40	290.67
241	75	85	145	135	2092.49	9.87	110	10	5	31.13	276.282
242	80	90	150	140	2048.16	10.68	115	10	5	34.42	247.88
243	85	95	155	145	2311.00	17.65	120	10	5	50.38	250.065
244	0	10	80	70	1730.34	7.13	40	10	6	43.51	288.859
245	5	15	85	75	1043.49	6.71	45	10	6	67.87	310.167
246	10	20	90	80	816.17	5.55	50	10	6	71.79	304.622
247	15	25	95	85	1322.72	7.19	55	10	6	57.37	250.292
248	20	30	100	90	847.04	12.03	60	10	6	149.90	273.141
249	25	35	105	95	1784.54	19.98	65	10	6	118.23	336.023
250	30	40	110	100	2009.58	6.12	70	10	6	32.17	287.03
251	35	45	115	105	1251.74	13.08	75	10	6	110.29	290.104
252	40	50	120	110	1994.76	16.36	80	10	6	86.56	292.21
253	45	55	125	115	1301.30	27.88	85	10	6	226.18	245.697
254	50	60	130	120	1502.80	9.53	90	10	6	66.91	278.858
255	55	65	135	125	1542.93	13.47	95	10	6	92.18	289.475
256	60	70	140	130	1472.90	7.79	100	10	6	55.84	310.918
257	65	75	145	135	1522.21	13.58	105	10	6	94.15	312.346
258	70	80	150	140	2014.43	14.54	110	10	6	76.18	270.573
259	75	85	155	145	2089.21	17.96	115	10	6	90.74	274.32
260	0	15	75	60	1324.15	78.69	37.5	15	3	168.09	276.207

261	5	20	80	65	702.31	114.49	42.5	15	3	461.02	287.176
262	10	25	85	70	1735.63	9.05	47.5	15	3	14.75	268.476
263	15	30	90	75	1400.17	9.00	52.5	15	3	18.17	251.758
264	20	35	95	80	807.89	7.36	57.5	15	3	25.75	286.54
265	25	40	100	85	1835.79	15.83	62.5	15	3	24.38	295.7
266	30	45	105	90	1326.07	7.41	67.5	15	3	15.79	298.965
267	35	50	110	95	1925.97	10.97	72.5	15	3	16.10	290.113
268	40	55	115	100	1953.42	5.46	77.5	15	3	7.91	279.495
269	45	60	120	105	1054.50	8.76	82.5	15	3	23.49	293.635
270	50	65	125	110	1568.78	8.83	87.5	15	3	15.91	281.153
271	55	70	130	115	2011.83	3.81	92.5	15	3	5.35	292.079
272	60	75	135	120	1456.09	13.82	97.5	15	3	26.84	279.317
273	65	80	140	125	1540.52	8.51	102.5	15	3	15.62	265.596
274	70	85	145	130	2116.88	8.58	107.5	15	3	11.46	250.322
275	75	90	150	135	2002.21	11.70	112.5	15	3	16.53	272.771
276	80	95	155	140	2180.83	16.03	117.5	15	3	20.78	253.34
277	0	15	90	75	1320.57	19.67	45	15	4	84.26	271.645
278	5	20	95	80	800.25	17.97	50	15	4	126.95	302.264
279	10	25	100	85	1730.87	15.09	55	15	4	49.31	316.999
280	15	30	105	90	1396.03	7.96	60	15	4	32.25	303.787
281	20	35	110	95	802.69	6.42	65	15	4	45.23	291.043
282	25	40	115	100	1831.30	180.68	70	15	4	557.93	269.772
283	30	45	120	105	1322.67	12.17	75	15	4	52.05	265.988
284	35	50	125	110	1920.72	7.72	80	15	4	22.72	329.71
285	40	55	130	115	1950.26	5.33	85	15	4	15.46	287.85
286	45	60	135	120	1052.47	8.09	90	15	4	43.49	314.427
287	50	65	140	125	1567.80	11.63	95	15	4	41.94	297.005
288	55	70	145	130	2009.77	9.46	100	15	4	26.62	293.302
289	60	75	150	135	1453.32	12.38	105	15	4	48.18	278.634
290	65	80	155	140	1529.98	14.39	110	15	4	53.18	278.178
291	0	15	105	90	1317.94	14.01	52.5	15	5	105.20	320.967
292	5	20	110	95	797.69	14.80	57.5	15	5	183.58	313.253
293	10	25	115	100	1729.91	16.88	62.5	15	5	96.54	298.11
294	15	30	120	105	1393.27	15.34	67.5	15	5	108.96	316.91
295	20	35	125	110	1051.31	12.05	72.5	15	5	113.44	281.844
296	25	40	130	115	1829.35	15.20	77.5	15	5	82.22	282.123
297	30	45	135	120	1321.69	6.78	82.5	15	5	50.79	305.812
298	35	50	140	125	1918.85	6.60	87.5	15	5	34.02	290.044
299	40	55	145	130	1948.33	6.32	92.5	15	5	32.11	283.639
300	45	60	150	135	1051.05	9.29	97.5	15	5	87.47	301.633
301	50	65	155	140	1562.80	15.72	102.5	15	5	99.52	292.273

302	0	15	120	105	1315.36	11.65	60	15	6	140.18	312.537
303	5	20	125	110	817.12	4.83	65	15	6	93.67	300.579
304	10	25	130	115	1726.92	9.97	70	15	6	91.40	298.982
305	15	30	135	120	1390.46	30.43	75	15	6	346.54	283.431
306	20	35	140	125	984.22	4.23	80	15	6	68.06	126.78
307	25	40	145	130	1826.85	55.68	85	15	6	482.56	178.52
308	30	45	150	135	1320.34	9.77	90	15	6	117.18	281.726
309	35	50	155	140	1916.46	15.39	95	15	6	127.12	290.961
310	0	20	120	100	989.23	6.93	60	20	4	52.78	293.142
311	5	25	125	105	1288.78	17.99	65	20	4	105.25	288.899
312	10	30	130	110	1872.46	42.32	70	20	4	170.40	259.5
313	15	35	135	115	1308.75	21.28	75	20	4	122.57	268.77
314	20	40	140	120	990.52	13.19	80	20	4	100.42	309.272
315	25	45	145	125	1244.45	12.60	85	20	4	76.32	303.155
316	30	50	150	130	2102.76	13.99	90	20	4	50.17	292.596
317	35	55	155	135	1884.11	12.39	95	20	4	49.58	307.447
318	0	20	140	120	980.19	10.12	70	20	5	136.22	327.853
319	5	25	145	125	1287.57	15.11	75	20	5	154.88	234.7
320	10	30	150	130	1873.32	5.29	80	20	5	37.23	154.97
321	15	35	155	135	1307.57	13.29	85	20	5	134.07	317.379

LINE 4

Panjang Lintasan: 160 Meter

Spasi: 5 Meter

Lintang: -7.381500° LS sampai -7.382778° LS

Bujur: 112.512833° BT sampai 112.512333° BT

No	Elektroda (meter)				I (mA)	V (mV)	Data Res2Dinv				
	A	B	M	N			x line	spasi	n	ρ_a (Ωm)	M (ms)
1	0	5	15	10	489.21	122.24	7.5	5	1	23.55	260.64
2	5	10	20	15	248.48	11.94	12.5	5	1	4.53	166.99
3	10	15	25	20	307.89	22.40	17.5	5	1	6.86	282.29
4	15	20	30	25	1478.59	11.17	22.5	5	1	0.71	148.92
5	20	25	35	30	2043.57	39.34	27.5	5	1	1.81	213.27
6	25	30	40	35	2044.72	21.22	32.5	5	1	0.98	231.72
7	30	35	45	40	2107.52	32.73	37.5	5	1	1.46	188.47
8	35	40	50	45	1855.34	127.37	42.5	5	1	6.47	172.18

9	40	45	55	50	1814.51	13.30	47.5	5	1	0.69	183.74
10	45	50	60	55	973.25	13.58	52.5	5	1	1.31	267.53
11	50	55	65	60	578.78	22.68	57.5	5	1	3.70	206.44
12	55	60	70	65	679.73	5.28	62.5	5	1	0.73	309.89
13	60	65	75	70	1395.70	28.10	67.5	5	1	1.90	395.98
14	65	70	80	75	2379.47	20.15	72.5	5	1	0.80	335.48
15	70	75	85	80	2499.96	10.79	77.5	5	1	0.41	280.22
16	75	80	90	85	2499.96	44.32	82.5	5	1	1.67	232.88
17	80	85	95	90	2499.96	24.59	87.5	5	1	0.93	176
18	85	90	100	95	1947.09	16.87	92.5	5	1	0.82	204.02
19	90	95	105	100	1790.49	18.84	97.5	5	1	0.99	259.01
20	95	100	110	105	281.93	5.76	102.5	5	1	1.93	221.16
21	100	105	115	110	339.29	58.39	107.5	5	1	15.97	261.68
22	105	110	120	115	451.07	5.05	112.5	5	1	1.05	304.22
23	110	115	125	120	1913.12	20.04	117.5	5	1	0.99	347.71
24	115	120	130	125	1313.32	9.76	122.5	5	1	0.70	230.99
25	120	125	135	130	1363.85	14.13	127.5	5	1	0.98	425
26	125	130	140	135	1384.03	12.77	132.5	5	1	0.87	201.28
27	130	135	145	140	1175.57	22.63	137.5	5	1	1.81	402.8
28	135	140	150	145	1352.41	9.31	142.5	5	1	0.65	307.88
29	140	145	155	150	1392.05	12.43	147.5	5	1	0.84	403.08
30	0	5	20	15	479.63	78.07	10	5	2	61.33	208.86
31	5	10	25	20	439.88	6.14	15	5	2	5.26	218.54
32	10	15	30	25	304.77	11.15	20	5	2	13.73	240.97
33	15	20	35	30	1481.96	12.57	25	5	2	3.20	165.64
34	20	25	40	35	2046.52	8.62	30	5	2	1.59	230.42
35	25	30	45	40	2044.94	14.78	35	5	2	2.73	221.83
36	30	35	50	45	2109.33	8.38	40	5	2	1.50	212.48
37	35	40	55	50	1854.67	6.64	45	5	2	1.35	195.5
38	40	45	60	55	1814.02	12.95	50	5	2	2.69	221.7
39	45	50	65	60	969.00	5.62	55	5	2	2.19	228.22
40	50	55	70	65	575.08	2.92	60	5	2	1.92	324.99
41	55	60	75	70	676.43	14.20	65	5	2	7.91	396.88
42	60	65	80	75	1393.96	11.70	70	5	2	3.16	365.76
43	65	70	85	80	2379.24	18.06	75	5	2	2.86	274.48
44	70	75	90	85	2499.96	2.82	80	5	2	0.42	314.97
45	75	80	95	90	2499.96	13.51	85	5	2	2.04	307.75
46	80	85	100	95	2499.96	9.07	90	5	2	1.37	167.28
47	85	90	105	100	1941.03	15.70	95	5	2	3.05	244.27
48	90	95	110	105	1791.71	7.02	100	5	2	1.48	240.31
49	95	100	115	110	260.60	3.43	105	5	2	4.96	240.82

50	100	105	120	115	335.36	77.12	110	5	2	86.33	290.88
51	105	110	125	120	450.65	7.87	115	5	2	6.58	364.23
52	110	115	130	125	1910.76	11.70	120	5	2	2.31	255.15
53	115	120	135	130	1311.11	4.73	125	5	2	1.36	309.93
54	120	125	140	135	1362.05	11.81	130	5	2	3.27	290.06
55	125	130	145	140	1382.56	12.56	135	5	2	3.42	219.94
56	130	135	150	145	1174.40	9.67	140	5	2	3.10	327.28
57	135	140	155	150	1352.05	11.75	145	5	2	3.28	324.86
58	0	5	25	20	464.66	7.47	12.5	5	3	15.17	259.49
59	5	10	30	25	430.71	8.24	17.5	5	3	18.01	190.52
60	10	15	35	30	302.47	16.88	22.5	5	3	52.40	290.71
61	15	20	40	35	1483.63	9.13	27.5	5	3	5.80	170.63
62	20	25	45	40	2048.58	16.67	32.5	5	3	7.67	223.87
63	25	30	50	45	2049.79	9.49	37.5	5	3	4.36	231.53
64	30	35	55	50	2110.69	3.49	42.5	5	3	1.56	253.76
65	35	40	60	55	1849.70	14.13	47.5	5	3	7.20	229.26
66	40	45	65	60	1798.87	18.14	52.5	5	3	9.50	194.27
67	45	50	70	65	956.20	12.49	57.5	5	3	12.32	331.89
68	50	55	75	70	573.91	12.50	62.5	5	3	20.52	390.64
69	55	60	80	75	674.71	12.24	67.5	5	3	17.11	365.61
70	60	65	85	80	1392.00	11.30	72.5	5	3	7.65	221.23
71	65	70	90	85	2376.03	8.79	77.5	5	3	3.49	291.8
72	70	75	95	90	2499.96	6.89	82.5	5	3	2.60	326.63
73	75	80	100	95	2499.96	28.45	87.5	5	3	10.72	311.68
74	80	85	105	100	2499.96	4.34	92.5	5	3	1.64	191.44
75	85	90	110	105	1938.53	17.52	97.5	5	3	8.51	219.57
76	90	95	115	110	1786.71	7.28	102.5	5	3	3.84	271.07
77	95	100	120	115	256.99	26.52	107.5	5	3	97.25	277.18
78	100	105	125	120	304.42	4.57	112.5	5	3	14.16	343.15
79	105	110	130	125	451.62	7.52	117.5	5	3	15.69	263.27
80	110	115	135	130	1909.64	8.07	122.5	5	3	3.98	343.21
81	115	120	140	135	1309.36	15.23	127.5	5	3	10.96	259.99
82	120	125	145	140	1360.72	8.03	132.5	5	3	5.56	296.51
83	125	130	150	145	1380.80	11.13	137.5	5	3	7.60	190.75
84	130	135	155	150	1174.14	13.18	142.5	5	3	10.58	348.22
85	0	5	30	25	461.69	4.36	15	5	4	17.83	251.47
86	5	10	35	30	425.80	9.73	20	5	4	43.13	249.7
87	10	15	40	35	300.29	16.46	25	5	4	103.11	293.1
88	15	20	45	40	1483.12	15.34	30	5	4	19.50	166.01
89	20	25	50	45	2047.00	7.75	35	5	4	7.13	235.74
90	25	30	55	50	2046.69	11.90	40	5	4	10.96	266.8

91	30	35	60	55	2105.88	20.80	45	5	4	18.61	290.34
92	35	40	65	60	1848.76	12.44	50	5	4	12.68	212.2
93	40	45	70	65	1787.41	17.94	55	5	4	18.93	306.27
94	45	50	75	70	956.34	9.85	60	5	4	19.41	379.63
95	50	55	80	75	572.37	8.53	65	5	4	28.08	358.1
96	55	60	85	80	672.28	22.30	70	5	4	62.43	236.91
97	60	65	90	85	1389.27	10.61	75	5	4	14.40	251.22
98	65	70	95	90	2372.25	12.34	80	5	4	9.81	314.78
99	70	75	100	95	2499.96	3.35	85	5	4	2.53	321.42
100	75	80	105	100	2499.96	9.71	90	5	4	7.32	327.23
101	80	85	110	105	2499.96	6.93	95	5	4	5.23	165.21
102	85	90	115	110	1935.21	11.39	100	5	4	11.10	258.84
103	90	95	120	115	1781.51	9.36	105	5	4	9.90	304.46
104	95	100	125	120	239.81	59.67	110	5	4	469.28	328.58
105	100	105	130	125	326.76	18.06	115	5	4	104.25	240.77
106	105	110	135	130	448.12	12.55	120	5	4	52.72	349.13
107	110	115	140	135	1907.54	13.56	125	5	4	13.40	322.93
108	115	120	145	140	1307.75	14.15	130	5	4	20.40	266.24
109	120	125	150	145	1359.11	7.09	135	5	4	9.84	274.77
110	125	130	155	150	1377.15	10.83	140	5	4	14.82	220.63
111	0	5	35	30	459.64	6.62	17.5	5	5	47.55	305.48
112	5	10	40	35	421.85	8.94	22.5	5	5	69.94	248.07
113	10	15	45	40	297.72	3.67	27.5	5	5	40.66	292.65
114	15	20	50	45	1480.84	12.30	32.5	5	5	27.39	176.92
115	20	25	55	50	2044.84	9.61	37.5	5	5	15.50	271.51
116	25	30	60	55	2047.17	15.89	42.5	5	5	25.60	297.29
117	30	35	65	60	2106.11	19.88	47.5	5	5	31.14	278.97
118	35	40	70	65	1846.69	124.30	52.5	5	5	222.04	321.76
119	40	45	75	70	1767.36	44.03	57.5	5	5	82.17	348.22
120	45	50	80	75	940.79	8.07	62.5	5	5	28.32	344.73
121	50	55	85	80	546.61	17.03	67.5	5	5	102.75	224.64
122	55	60	90	85	671.48	6.92	72.5	5	5	33.97	281
123	60	65	95	90	1387.39	9.09	77.5	5	5	21.62	285.11
124	65	70	100	95	2368.59	8.55	82.5	5	5	11.90	316.89
125	70	75	105	100	2499.96	15.52	87.5	5	5	20.48	331.63
126	75	80	110	105	2499.96	12.61	92.5	5	5	16.63	307.42
127	80	85	115	110	2499.96	4.85	97.5	5	5	6.40	211.03
128	85	90	120	115	1931.93	19.01	102.5	5	5	32.46	290.09
129	90	95	125	120	1778.95	12.63	107.5	5	5	23.41	350.49
130	95	100	130	125	251.05	6.63	112.5	5	5	87.17	229.8
131	100	105	135	130	322.98	11.59	117.5	5	5	118.38	333.88

132	105	110	140	135	440.80	2.03	122.5	5	5	15.18	329.93
133	110	115	145	140	1905.51	13.44	127.5	5	5	23.26	322.43
134	115	120	150	145	1305.82	10.66	132.5	5	5	26.92	252.43
135	120	125	155	150	1357.23	11.77	137.5	5	5	28.61	298
136	0	5	40	35	457.01	8.50	20	5	6	98.21	301.28
137	5	10	45	40	417.29	16.82	25	5	6	213.05	248.51
138	10	15	50	45	295.86	4.07	30	5	6	72.53	303.96
139	15	20	55	50	1478.50	7.54	35	5	6	26.91	214.8
140	20	25	60	55	2042.40	36.08	40	5	6	93.23	301.36
141	25	30	65	60	2045.10	49.47	45	5	6	127.66	284.24
142	30	35	70	65	2103.40	8.40	50	5	6	21.07	378.7
143	35	40	75	70	1841.99	6.80	55	5	6	19.49	359.44
144	40	45	80	75	1768.52	14.32	60	5	6	42.71	317.79
145	45	50	85	80	942.31	48.52	65	5	6	271.71	207.61
146	50	55	90	85	568.55	3.53	70	5	6	32.80	274.11
147	55	60	95	90	669.26	18.39	75	5	6	145.07	318.66
148	60	65	100	95	1384.16	6.80	80	5	6	25.94	288.04
149	65	70	105	100	2364.21	16.99	85	5	6	37.92	328.54
150	70	75	110	105	2499.96	47.01	90	5	6	99.24	311.64
151	75	80	115	110	2499.96	34.30	95	5	6	72.41	346.84
152	80	85	120	115	2499.96	14.92	100	5	6	31.49	238.34
153	85	90	125	120	1929.99	38.22	105	5	6	104.52	333.56
154	90	95	130	125	1776.18	31.84	110	5	6	94.61	255.18
155	95	100	135	130	238.37	90.54	115	5	6	2006.98	329.69
156	100	105	140	135	318.35	5.13	120	5	6	85.00	321.68
157	105	110	145	140	441.82	44.98	125	5	6	537.29	323.6
158	110	115	150	145	1902.20	46.64	130	5	6	129.41	310.67
159	115	120	155	150	1303.55	41.46	135	5	6	167.87	276.84
160	0	10	40	30	261.56	21.53	20	10	2	62.00	272.28
161	5	15	45	35	557.29	40.91	25	10	2	55.33	275.77
162	10	20	50	40	316.97	11.66	30	10	2	27.74	225.91
163	15	25	55	45	1458.65	40.49	35	10	2	20.93	228.65
164	20	30	60	50	2072.53	3.85	40	10	2	1.40	281.77
165	25	35	65	55	2064.91	16.06	45	10	2	5.86	287.95
166	30	40	70	60	1827.29	11.97	50	10	2	4.94	286.25
167	35	45	75	65	2053.83	9.02	55	10	2	3.32	328.06
168	40	50	80	70	902.92	1.84	60	10	2	1.53	354.96
169	45	55	85	75	821.63	5.09	65	10	2	4.67	309.02
170	50	60	90	80	753.51	51.69	70	10	2	51.72	251.69
171	55	65	95	85	857.08	6.34	75	10	2	5.58	276.67
172	60	70	100	90	1312.34	32.67	80	10	2	18.77	304.26

173	65	75	105	95	2499.96	25.18	85	10	2	7.59	324.2
174	70	80	110	100	2435.57	7.39	90	10	2	2.29	321.26
175	75	85	115	105	2499.96	4.45	95	10	2	1.34	243.05
176	80	90	120	110	1884.83	43.62	100	10	2	17.45	254.15
177	85	95	125	115	2499.96	3.02	105	10	2	0.91	316.26
178	90	100	130	120	238.82	7.78	110	10	2	24.57	302.61
179	95	105	135	125	443.44	20.58	115	10	2	35.00	280.42
180	100	110	140	130	443.61	5.79	120	10	2	9.85	337.14
181	105	115	145	135	426.70	86.46	125	10	2	152.75	324.54
182	110	120	150	140	1429.56	4.83	130	10	2	2.55	284.45
183	115	125	155	145	1767.97	4.27	135	10	2	1.82	276.01
184	0	10	50	40	260.05	4.05	25	10	3	29.35	276.63
185	5	15	55	45	546.07	13.17	30	10	3	45.54	300.2
186	10	20	60	50	314.69	11.17	35	10	3	66.89	283.69
187	15	25	65	55	1456.36	9.01	40	10	3	11.66	273.62
188	20	30	70	60	2063.49	5.04	45	10	3	4.60	328.56
189	25	35	75	65	2062.62	10.22	50	10	3	9.34	390.86
190	30	40	80	70	1825.83	17.15	55	10	3	17.68	370.03
191	35	45	85	75	2042.51	14.97	60	10	3	13.81	275.22
192	40	50	90	80	896.05	1.75	65	10	3	3.69	226.26
193	45	55	95	85	821.69	7.80	70	10	3	17.93	286.32
194	50	60	100	90	751.09	4.41	75	10	3	11.07	318.02
195	55	65	105	95	857.44	4.22	80	10	3	9.29	306.54
196	60	70	110	100	1310.08	19.66	85	10	3	28.29	308.52
197	65	75	115	105	2499.96	11.38	90	10	3	8.58	328
198	70	80	120	110	2430.23	19.51	95	10	3	15.14	354.65
199	75	85	125	115	2499.96	3.98	100	10	3	3.00	309.75
200	80	90	130	120	1883.16	7.66	105	10	3	7.67	273.98
201	85	95	135	125	2499.96	3.95	110	10	3	2.98	295.23
202	90	100	140	130	236.79	7.86	115	10	3	62.56	337.57
203	95	105	145	135	445.25	13.09	120	10	3	55.42	319.36
204	100	110	150	140	438.86	4.62	125	10	3	19.80	315.56
205	105	115	155	145	426.41	27.93	130	10	3	123.45	320.17
206	0	10	60	50	258.86	12.39	30	10	4	180.42	268.05
207	5	15	65	55	556.79	6.26	35	10	4	42.36	277.36
208	10	20	70	60	313.11	10.14	40	10	4	122.13	327.87
209	15	25	75	65	1454.26	18.17	45	10	4	47.10	221.5
210	20	30	80	70	2059.88	10.52	50	10	4	19.24	297.08
211	25	35	85	75	2058.94	13.98	55	10	4	25.61	329.93
212	30	40	90	80	1821.03	7.76	60	10	4	16.08	258.04
213	35	45	95	85	2054.75	21.99	65	10	4	40.35	278.81

214	40	50	100	90	895.26	7.46	70	10	4	31.40	302.75
215	45	55	105	95	821.53	3.97	75	10	4	18.20	315.36
216	50	60	110	100	749.35	6.25	80	10	4	31.42	319.77
217	55	65	115	105	854.68	0.59	85	10	4	2.62	309.05
218	60	70	120	110	1308.18	5.93	90	10	4	17.08	338.98
219	65	75	125	115	2499.96	9.37	95	10	4	14.12	371.68
220	70	80	130	120	2426.85	17.12	100	10	4	26.59	352.77
221	75	85	135	125	2499.96	2.36	105	10	4	3.57	312.33
222	80	90	140	130	1880.73	20.80	110	10	4	41.68	353.12
223	85	95	145	135	2499.96	16.78	115	10	4	25.31	337.13
224	90	100	150	140	234.51	7.13	120	10	4	114.73	331.84
225	95	105	155	145	689.71	2.98	125	10	4	16.28	346.1
226	0	10	70	60	258.01	7.09	35	10	5	181.28	354.3
227	5	15	75	65	555.80	7.27	40	10	5	86.34	344.63
228	10	20	80	70	538.12	8.87	45	10	5	108.70	325.1
229	15	25	85	75	1452.64	7.59	50	10	5	34.49	320.33
230	20	30	90	80	2057.97	4.94	55	10	5	15.83	359.19
231	25	35	95	85	2056.67	19.09	60	10	5	61.24	414.98
232	30	40	100	90	1821.39	11.77	65	10	5	42.65	380.48
233	35	45	105	95	2053.32	6.70	70	10	5	21.58	286.99
234	40	50	110	100	894.17	4.79	75	10	5	35.30	305.78
235	45	55	115	105	812.29	14.92	80	10	5	121.13	303.5
236	50	60	120	110	747.94	18.51	85	10	5	163.25	337.74
237	55	65	125	115	853.50	4.67	90	10	5	36.11	309.54
238	60	70	130	120	1306.44	15.87	95	10	5	80.13	300.59
239	65	75	135	125	2499.96	29.72	100	10	5	78.43	313.74
240	70	80	140	130	2421.83	11.83	105	10	5	32.27	342.25
241	75	85	145	135	2499.96	4.09	110	10	5	10.79	340.69
242	80	90	150	140	1878.49	12.86	115	10	5	45.17	323.89
243	85	95	155	145	2499.96	2.57	120	10	5	6.79	340.25
244	0	10	80	70	257.30	14.82	40	10	6	607.01	388.85
245	5	15	85	75	553.98	7.35	45	10	6	139.94	326.04
246	10	20	90	80	311.19	5.60	50	10	6	190.17	299.4
247	15	25	95	85	1451.55	72.48	55	10	6	527.12	338.47
248	20	30	100	90	2055.23	12.31	60	10	6	63.25	394.33
249	25	35	105	95	2053.62	3.67	65	10	6	18.84	336.92
250	30	40	110	100	1817.48	19.93	70	10	6	115.94	260
251	35	45	115	105	2046.88	4.75	75	10	6	24.50	295.84
252	40	50	120	110	883.05	7.46	80	10	6	89.27	284.4
253	45	55	125	115	806.54	11.16	85	10	6	145.91	314.32
254	50	60	130	120	746.68	9.70	90	10	6	137.07	280.01

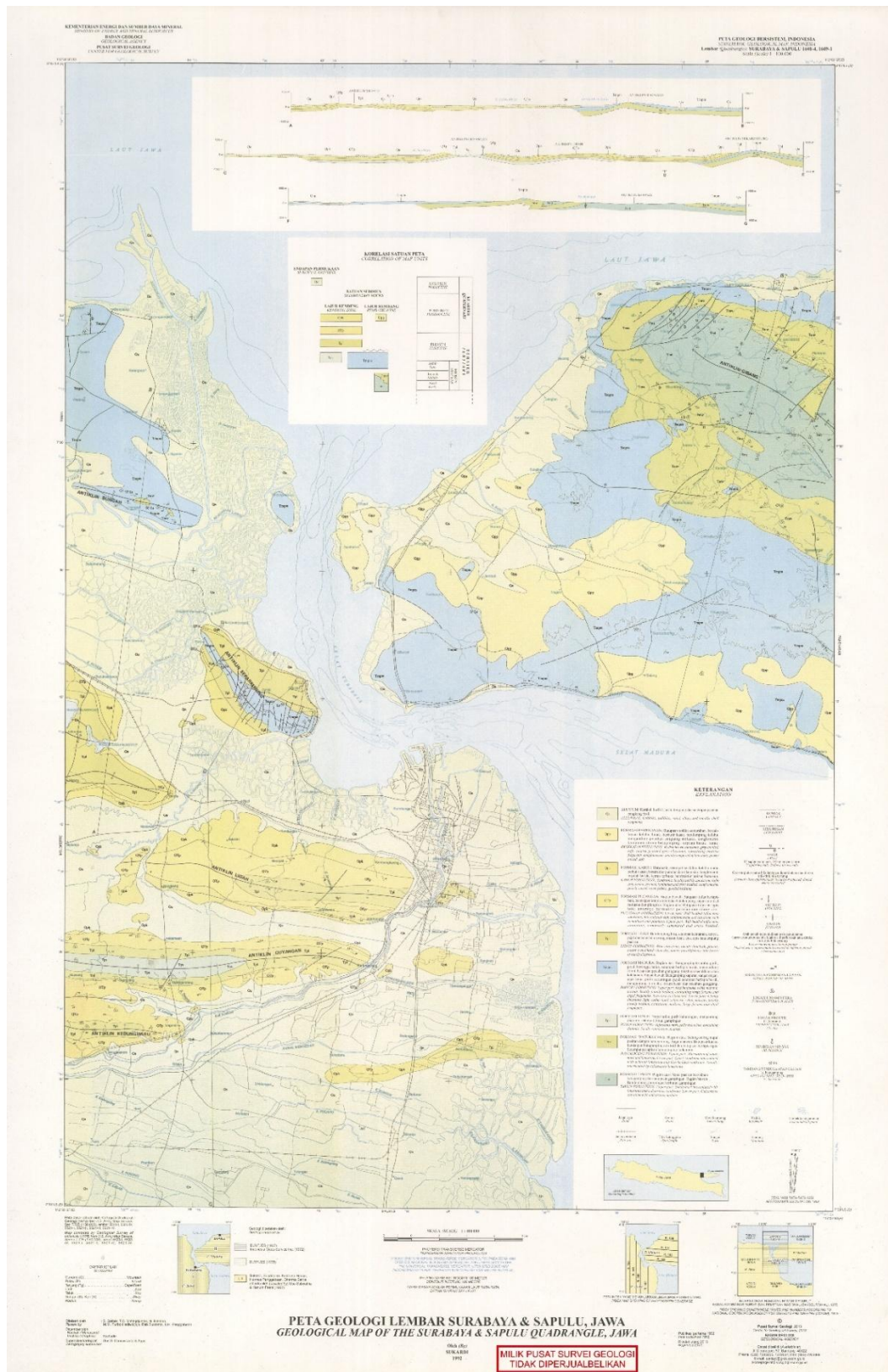
255	55	65	135	125	852.54	11.46	95	10	6	142.11	325.01
256	60	70	140	130	1304.84	12.37	100	10	6	100.08	318.39
257	65	75	145	135	2499.96	9.59	105	10	6	40.50	384.12
258	70	80	150	140	2420.86	10.64	110	10	6	46.40	379.27
259	75	85	155	145	2499.96	8.81	115	10	6	37.20	351.55
260	0	15	75	60	771.64	3.68	37.5	15	3	13.50	301.17
261	5	20	80	65	626.38	5.57	42.5	15	3	25.10	299.25
262	10	25	85	70	530.40	6.70	47.5	15	3	35.71	372.25
263	15	30	90	75	1463.14	7.95	52.5	15	3	15.37	364.28
264	20	35	95	80	2084.00	4.36	57.5	15	3	5.92	368.16
265	25	40	100	85	1787.59	17.89	62.5	15	3	28.30	346.96
266	30	45	105	90	2004.43	10.78	67.5	15	3	15.20	359.53
267	35	50	110	95	949.18	7.74	72.5	15	3	23.10	335.62
268	40	55	115	100	770.30	2.56	77.5	15	3	9.40	306.23
269	45	60	120	105	1257.12	9.15	82.5	15	3	20.57	315.75
270	50	65	125	110	987.24	8.01	87.5	15	3	22.93	331.62
271	55	70	130	115	822.81	8.70	92.5	15	3	29.95	313.45
272	60	75	135	120	1438.04	9.96	97.5	15	3	19.58	300.39
273	65	80	140	125	2499.96	4.39	102.5	15	3	4.97	360.37
274	70	85	145	130	2483.71	3.01	107.5	15	3	3.42	374.44
275	75	90	150	135	1945.83	9.11	112.5	15	3	13.24	372.75
276	80	95	155	140	2499.96	10.14	117.5	15	3	11.47	325.78
277	0	15	90	75	770.79	11.20	45	15	4	82.20	333.77
278	5	20	95	80	624.26	6.52	50	15	4	59.08	281.46
279	10	25	100	85	529.86	8.31	55	15	4	88.69	323.1
280	15	30	105	90	1466.22	14.81	60	15	4	57.12	331.76
281	20	35	110	95	2081.31	13.11	65	15	4	35.60	150.45
282	25	40	115	100	1790.43	12.71	70	15	4	40.15	342.49
283	30	45	120	105	2015.29	7.78	75	15	4	21.83	323.54
284	35	50	125	110	945.62	9.38	80	15	4	56.12	320.18
285	40	55	130	115	769.62	33.24	85	15	4	244.16	300.51
286	45	60	135	120	1259.55	71.82	90	15	4	322.70	317.6
287	50	65	140	125	984.38	4.85	95	15	4	27.89	324.08
288	55	70	145	130	822.08	6.53	100	15	4	45.02	325.8
289	60	75	150	135	1435.51	5.79	105	15	4	22.79	329.62
290	65	80	155	140	2499.96	11.58	110	15	4	26.19	336.42
291	0	15	105	90	769.98	7.90	52.5	15	5	101.48	323.26
292	5	20	110	95	607.86	16.08	57.5	15	5	262.41	355.92
293	10	25	115	100	539.17	15.82	62.5	15	5	290.34	280.61
294	15	30	120	105	1465.44	4.97	67.5	15	5	33.59	364.8
295	20	35	125	110	2079.63	6.61	72.5	15	5	31.48	349.62

296	25	40	130	115	1785.06	38.57	77.5	15	5	213.88	569.21
297	30	45	135	120	2009.87	10.84	82.5	15	5	53.36	301.98
298	35	50	140	125	940.59	11.50	87.5	15	5	121.10	294.19
299	40	55	145	130	767.53	12.85	92.5	15	5	165.63	315.17
300	45	60	150	135	1264.35	14.21	97.5	15	5	111.21	335.23
301	50	65	155	140	980.06	5.53	102.5	15	5	55.89	312.25
302	0	15	120	105	769.54	8.22	60	15	6	169.06	648.34
303	5	20	125	110	618.84	10.52	65	15	6	269.33	317.27
304	10	25	130	115	530.71	7.68	70	15	6	229.13	310.59
305	15	30	135	120	1465.06	10.30	75	15	6	111.27	354.66
306	20	35	140	125	2078.18	7.37	80	15	6	56.15	357.66
307	25	40	145	130	1784.96	22.63	85	15	6	200.68	374.16
308	30	45	150	135	2021.26	10.40	90	15	6	81.59	363.13
309	35	50	155	140	1174.93	6.95	95	15	6	93.72	333.74
310	0	20	120	100	904.81	4.67	60	20	4	38.94	521.37
311	5	25	125	105	604.89	4.92	65	20	4	61.22	901
312	10	30	130	110	540.49	11.72	70	20	4	163.51	315.85
313	15	35	135	115	1469.44	11.09	75	20	4	56.91	319.79
314	20	40	140	120	1799.01	10.58	80	20	4	44.33	301.35
315	25	45	145	125	1979.51	10.06	85	20	4	38.32	315.45
316	30	50	150	130	934.19	7.38	90	20	4	59.58	307.57
317	35	55	155	135	819.20	27.97	95	20	4	257.51	319.09
318	0	20	140	120	902.55	5.22	70	20	5	76.30	901
319	5	25	145	125	602.47	5.09	75	20	5	111.49	530.09
320	10	30	150	130	536.84	9.14	80	20	5	224.64	531.51
321	15	35	155	135	1555.91	8.95	85	20	5	75.90	314.67

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian



Lampiran 4 Peta Geologi





JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 220604110021
Nama : MANNANU MINNI SAEILLAH
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : Drs. H.ABDUL BASID, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (INDUCED POLARIZATION) UNTUK IDENTIFIKASI SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN (STUDI KASUS DESA SUMBERWARU KECAMATAN WRINGINANOM KABUPATEN GRESIK)

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	09 September 2025	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	konsultasi judul dan outline	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
2	29 September 2025	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	konsultasi penyusunan bab 1	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
3	30 Oktober 2025	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	konsultasi bab 1,2 dan 3	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
4	31 Oktober 2025	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	ACC proposal	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
5	22 Desember 2025	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	konsultasi hasil pengambilan data	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	10 Februari 2026	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	konsultasi integrasi ayat-ayat al-quran	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	14 April 2026	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	konsultasi pengolahan data	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	26 Mei 2026	Drs. H.ABDUL BASID, M.Si	bimbingan bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	26 Mei 2026	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	revisi integrasi bab 1, 2 dan 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA

Malang,

Dosen Pembimbing 1

Drs. H.ABDUL BASID, M.Si

Kajur / Kaprodi,