

SKRIPSI

IMPLEMENTASI KONFIGURASI ELEKTRODA KOMPOSIT GRADIEN DAN DIPOLE-DIPOLE PADA PENGUKURAN *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* UNTUK PEMETAAN BAWAH PERMUKAAN

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD RAFLY

D061181341



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

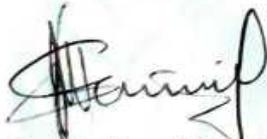


LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**IMPLEMENTASI KONFIGURASI ELEKTRODA KOMPOSIT GRADIEN
DAN DIPOLE-DIPOLE PADA PENGUKURAN *ELECTRICAL
RESISTIVITY TOMOGRAPHY* UNTUK PEMETAAN BAWAH
PERMUKAAN****Disusun dan diajukan oleh :****MUHAMMAD RAFLY****D061181341**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

**Dr. Sultan, S.T., M.T.**

NIP 19700705 199702 1 002

Pembimbing Pendamping

**A. Bahrul Hidayah, S.T., M.T.**

NIP 19880630 202101 5 001

Mengetahui,

**Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin****Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.**

NIP 19771214 200501 1 002



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Rafly
NIM : D061181341
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Implementasi Konfigurasi Elektroda Komposit Gradien Dan Dipole-Dipole
Pada Pengukuran Electrical Resistivity Tomography Untuk Pemetaan Bawah
Permukaan*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya.

Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 November 2023

 Meng Menyatakan

METERA
TEMPER
BB4AKX707096945
Muhammad Rafly



ABSTRAK

Metode ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) telah menjadi pendekatan yang penting dalam pemetaan bawah permukaan untuk memahami struktur geologi dan potensi sumber daya. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode ERT dengan variasi konfigurasi elektroda Wenner dan metode Komposit Dipol-dipol Gradien dalam pemetaan sub-superfisial. Variabilitas hasil pemetaan dalam berbagai kondisi geologi dan pengaruh faktor lingkungan terhadap akurasi dan efisiensi masing-masing metode dianalisis secara komprehensif. Selain itu, korelasi antara data pemetaan ERT dieksplorasi untuk memperoleh wawasan lebih dalam tentang karakteristik litologi dan struktur bawah permukaan. Penelitian ini melibatkan pendekatan eksperimental yang mencakup pengumpulan data primer dari lokasi penelitian menggunakan konfigurasi elektroda Wenner dan metode Komposit Dipol-dipol Gradien. Data resistivitas listrik diperoleh dan dianalisis dengan cermat untuk memahami variasi distribusi material di bawah permukaan. Studi literatur digunakan sebagai landasan dalam memahami geologi regional dan mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang berpotensi mempengaruhi hasil pemetaan. Hasil penelitian mengungkapkan perbedaan hasil pemetaan antara metode ERT dengan konfigurasi elektroda Wenner dan metode Komposit Dipol-dipol Gradien dalam konteks beragam lapisan geologi. Faktor lingkungan seperti konduktivitas tanah dan variasi litologi terbukti mempengaruhi efisiensi dan akurasi masing-masing metode. Penelitian ini juga mengevaluasi aspek praktis dan ekonomi dari kedua metode, mempertimbangkan biaya, waktu, serta sumber daya yang diperlukan. Temuan ini memberikan pandangan yang lebih holistik tentang penerapan metode ERT dengan variasi konfigurasi elektroda Wenner dan metode Komposit Dipol-dipol Gradien dalam konteks pemetaan bawah permukaan. Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting dalam pemahaman lebih baik tentang struktur bawah permukaan dan potensi aplikasinya dalam bidang geologi dan rekayasa geoteknik.

Kata Kunci: *Electrical Resistivity Tomography*, resistivitas, konfigurasi Wenner, konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien, bawah permukaan



ABSTRACT

The electrical resistivity method has become a significant approach in subsurface mapping for understanding geological structures and potential resources. This research aims to compare the effectiveness of the electrical resistivity method with variations of Wenner electrode configuration and the dipole-dipole method in sub-surface mapping. Variability in mapping outcomes under various geological conditions and the influence of environmental factors on the accuracy and efficiency of each method are comprehensively analyzed. Furthermore, the correlation between electrical resistivity mapping data is explored to gain deeper insights into subsurface lithological characteristics and structures. This research employs an experimental approach involving the collection of primary data from the research site using Wenner electrode configuration and the dipole-dipole method. Electrical resistivity data is obtained and meticulously analyzed to understand the variation in material distribution beneath the surface. A literature review is utilized as the basis for comprehending regional geology and identifying environmental factors that may potentially affect mapping outcomes. Research findings reveal differences in mapping outcomes between the electrical resistivity method with Wenner electrode configuration and the dipole-dipole method in the context of diverse geological layers. Environmental factors such as soil conductivity and lithological variations are proven to influence the efficiency and accuracy of each method. The research also evaluates the practical and economic aspects of both methods, considering costs, time, and resources required. These findings provide a more holistic perspective on the application of the electrical resistivity method with variations of Wenner electrode configuration and the dipole-dipole method in the context of subsurface mapping. The results of this study hold significant implications for a better understanding of subsurface structures and the potential applications in the fields of geology and geotechnical engineering.

Keywords: *Electrical Resistivity Tomography, resistivity, Wenner configuration, composite configuration dipole-dipole gradient, subsurface.*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Geologi Regional.....	5
2.2 Geomorfologi Regional	5
2.3 Stratigrafi Regional	7
2.4 Struktur dan Tektonika.....	13
2.5 Metode ERT (<i>Electrical resistivity tomography</i>).....	15
2.6 Hukum Ohm	16
2.7 Penjalaran Arus dalam Bumi.....	17
2.8 Resistivitas Tanah.....	18
2.9 Konfigurasi Wenner	19
Konfigurasi Dipol dipol.....	20
Resistivity Meter	21
ResIPy.....	25



BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.2 Metode Penelitian.....	27
3.3 Peralatan Penelitian	28
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.5 Metode akuisisi Data	32
3.6 Metode Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pengukuran Laboratorium	34
4.1.1 Data laboratorium yang terekam.....	35
4.1.2 Data laboratorium yang telah diolah.....	39
4.2 Pengukuran Lapangan	45
4.2.1 Data lapangan yang terekam.....	47
4.2.2 Data lapangan yang telah diolah	49
4.3 Persentase Kesalahan.....	56
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62
1. Tabel Pengukuran	63
2. Dokumentasi Kegiatan.....	78
3. Tabel Perbandingan	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Rangkaian listrik sederhana resistansi (Lowrie, 2007)	16
Gambar 2 Gambaran arus listrik melalui medium homogen (Lowrie, 2007)	17
Gambar 3 Ilustrasi aliran arus untuk sumber tunggal (Telford, 1990).....	18
Gambar 4 Resistivitas Batuan (Nugroho dkk, 2018)	19
Gambar 5 Konfigurasi Wenner	20
Gambar 6 Konfigurasi Dipol - dipol dan Gradien (Oyeyemi, 2022)	21
Gambar 7 Skematik Desain Resistivity Meter (Hidayah, 2023).....	22
Gambar 8 Resistivity meter penelitian	23
Gambar 9 Konfigurasi Dipol dipol (Sunardi, 2016)	24
Gambar 10 Switch Box	25
Gambar 11 Tampilan Antarmuka ResIPy	25
Gambar 12 Lokasi Penelitian (Google Earth, 2022)	27
Gambar 13 Pengukuran Laboratorium.....	34
Gambar 14 Media uji terkontrol.....	35
Gambar 15 Grafik arus tercatat pada konfigurasi Wenner.....	36
Gambar 16 Grafik tegangan tercatat pada konfigurasi Wenner.....	36
Gambar 17 Grafik arus tercatat pada konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien	37
Gambar 18 Grafik tegangan tercatat pada konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien.....	38
Gambar 19 Resistivitas Semu Konfigurasi Wenner.....	39
Gambar 20 Iterasi dan RMSE konfigurasi Wenner	40
Gambar 21 Gambaran 2D dari konfigurasi Wenner (jelaskan kenapa Wenner lebih dangkal).....	41
Gambar 22 Resistivitas Semu konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien.....	42
Gambar 23 Iterasi dan RMSE konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien.....	43
Gambar 24 Gambaran 2D konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien.....	44
Gambar 25 Elektroda terpasang untuk pengukuran lapangan.....	46
 26 Pengukuran data lapangan.....	46
27 Grafik Arus Konfigurasi Wenner pada Pengukuran Lapangan	47
28 Grafik Tegangan Konfigurasi Wenner pada Pengukuran Lapangan .	48



Gambar 29 Grafik Arus Konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien pada Pengukuran Lapangan	48
Gambar 30 Grafik Tegangan Konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien pada Pengukuran Lapangan	49
Gambar 31 Resistivitas Semua Konfigurasi Wenner pada Pengukuran Lapangan	50
Gambar 32 Nilai RMSE dan Iterasi Konfigurasi Wenner pada Pengukuran Lapangan	51
Gambar 33 Hasil Pemetaan 2D Konfigurasi Wenner pada Pengukuran Lapangan	52
Gambar 34 Resistivitas Semua Konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien pada Pengukuran Lapangan	53
Gambar 35 Nilai RMSE dan Iterasi Konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien pada Pengukuran Lapangan	54
Gambar 36 Hasil Pemetaan 2D Konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien pada Pengukuran Lapangan	55
Gambar 37 Penyebaran nilai error konfigurasi Wenner di Laboratorium	56
Gambar 38 Penyebaran nilai error konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien di Laboratorium	57
Gambar 39 Penyebaran nilai error konfigurasi Wenner di Lapangan	58
Gambar 40 Penyebaran nilai error konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien di Lapangan	58



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	29
Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian	30



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillah rabbi'l'aalamin, penulis panjatkan puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan pemetaan geologi yang berjudul **Implementasi Konfigurasi Elektroda Komposit Gradien Dan Dipole-Dipole Pada Pengukuran *Electrical Resistivity Tomography* Untuk Pemetaan Bawah Permukaan**

Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan terbaik bagi umatnya. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir di Daerah Gowa di antaranya:

1. Bapak Dr. Sultan, ST., M.T sebagai dosen pembimbing utama yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan skripsi. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
2. Bapak A. Bahrul Hidayah, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing pendamping sekaligus penasihat akademik yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses maupun penulisan skripsi. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.



apak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus dosen

penguji yang telah meluangkan waktunya dan memberikan arahan serta masukan dalam proses penulisan laporan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.

4. Bapak Safruddim, S.T., M.Eng. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dan memberikan arahan serta masukan dalam proses penulisan laporan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan perkuliahan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak dan Ibu yang akan datang.
6. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
7. Saudara Muhammad Irsan Sadri, yang telah menemani penulis dalam pengambilan data lapangan pada daerah penelitian.
8. Saudara Miftahul Gamara, Muh. Fachri B, Muh. Arya Ranu Putra M, Imam Munandar, Muh. Izhar Yasri, Ardiansyah S, dan Iqra Nur Ilahi Syarif yang telah membantu banyak hal dalam penelitian ini.
9. Kakanda Sudirman, Achmad Rivai Jamal, dan Firman Tahir, yang telah membantu pengolahan data serta menjadi ruang diskusi bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman *Xenolith* (Teknik Geologi Angkatan 2018) yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam pengerjaan skripsi.



11. Kakak-kakak dan adik-adik di Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu menjadi teman diskusi penulis dalam bidang apapun.
12. Kepada kedua orangtua penulis, Enos M. dan Nurjaya yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis agar dapat menjadi orang yang membanggakan keluarga.
13. Kepada Kakak penulis, Irwanto, Iksan Susanto, Rudy Gunawan, Muh. Iqbal, dan Rahmad Enos yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis agar dilancarkan dan dimudahkan urusan-urusannya.
14. Semua rekan yang telah membantu penulis sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki. *Jazakumullahu khayran wa barokallahu fiikum.*

Penulis menyadari bahwa laporan pemetaan geologi ini masih memiliki banyak kekurangan karena hanya Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang Maha Sempurna sesuai dengan sifat-sifat-Nya, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat baik dalam penambahan wawasan dan dapat dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya serta tentunya berkah dan bernilai ibadah di sisi Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Makassar, November 2023



Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemetaan bawah tanah merupakan suatu aspek yang memiliki peranan sentral dalam berbagai bidang, mulai dari eksplorasi sumber daya alam hingga perencanaan infrastruktur. Dalam era modern ini, pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik lapisan bawah permukaan tanah menjadi semakin penting. Salah satu metode yang telah terbukti efektif dalam memetakan sifat fisik dan geologi bawah tanah adalah teknik ERT (*Electrical Resistivity Tomography*). Penelitian ini bertujuan untuk mendalami pemetaan bawah tanah menggunakan teknik ERT dengan dua konfigurasi elektroda yang berbeda, yaitu konfigurasi Wenner dan Komposit Dipol-dipol Gradien.

Dalam konteks eksplorasi sumber daya alam, pemetaan bawah tanah menjadi fondasi penting dalam mengidentifikasi lokasi potensial untuk pengambilan air tanah, pengeksplorasian mineral, dan sumber daya tambang lainnya. Dalam bidang rekayasa geoteknik, informasi tentang struktur geologi di bawah permukaan membantu mengurangi risiko kerusakan fondasi bangunan dan infrastruktur. Selain itu, pemantauan lingkungan juga membutuhkan pemahaman yang baik tentang sifat fisik tanah untuk mengidentifikasi perubahan potensial yang dapat mempengaruhi lingkungan.

Prinsip pengukuran menggunakan metode geolistrik adalah dengan menyuntikkan arus (I) (dalam mA) ke dalam tanah dan kemudian mengukur perbedaan potensial (V) (dalam mV) yang dihasilkan antara dua elektroda. Nilai resistivitas semu (ρ_a) diperoleh dengan menghitung arus dan perbedaan potensial untuk setiap jarak elektroda (Loke, 2001).



teknik ERT didasarkan pada perbedaan hambatan listrik (resistivitas) dari jenis bahan di bawah permukaan tanah. Dengan mengirimkan arus listrik tanah dan mengukur potensial listrik yang dihasilkan, kita dapat

memperoleh gambaran tentang variasi resistivitas dan struktur bawah tanah. Dalam penelitian ini, fokus diberikan pada konfigurasi Wenner dan Komposit Dipol-dipol Gradien, yang keduanya memiliki keunggulan masing-masing dalam menggambarkan sifat fisik lapisan bawah permukaan.

Konfigurasi elektroda dalam teknik ERT mengacu pada susunan elektroda pengirim dan penerima arus listrik. Konfigurasi Wenner adalah metode yang relatif sederhana, di mana elektroda ditempatkan dalam garis lurus dan sejajar. Konfigurasi Komposit Dipol-dipol Gradien lebih kompleks, dengan elektroda pengirim dan penerima yang ditempatkan pada jarak yang lebih jauh satu sama lain, yang memungkinkan penetrasi lebih dalam dan resolusi yang lebih baik pada lapisan bawah tanah.

Metode ERT dengan konfigurasi Wenner lebih cepat dan lebih cocok untuk pemetaan dangkal, sementara metode Komposit Dipol-dipol Gradien lebih cocok untuk pemetaan di kedalaman yang lebih besar. Namun, keduanya memiliki tantangan dalam interpretasi data yang rumit serta rentan terhadap gangguan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang kapan dan bagaimana masing-masing konfigurasi dapat digunakan secara efektif.

Pemetaan resistivitas adalah metode geofisika non-invasif yang banyak digunakan dalam eksplorasi bawah permukaan. Salah satu komponen penting dalam pemetaan resistivitas adalah sistem akuisisi data, yang memegang peranan penting dalam akurasi dan resolusi hasil pemetaan (Wróbel et al., 2022). Dalam penelitian ini, kami merancang sebuah sistem perangkat keras berbasis mikrokontroler dan pasokan daya berbasis topologi half-bridge switching untuk mengimplementasikan sebuah array komposit untuk pemetaan resistivitas.

Dalam penelitian ini, kami menggunakan sebuah resistivity meter yang kami rancang sendiri dikarenakan keterbatasan alat yang tersedia. Alat-alat yang ada hanya mampu mengakomodasi konfigurasi yang bersifat konvensional, sedangkan mengimplementasikan konfigurasi komposit memerlukan alat yang memiliki spesifikasi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, kami merancang alat khusus yang



memungkinkan kami untuk mencatat data menggunakan konfigurasi yang diinginkan.

Keputusan untuk menggunakan sistem berbasis mikrokontroler diambil untuk meningkatkan fleksibilitas dan kendali dalam proses akuisisi data (Hercog & Gergič, 2014). Pasokan daya berbasis topologi half-bridge switching dirancang untuk memberikan keluaran tegangan tinggi dan arus tinggi (Hongxia, 2009) untuk pemetaan dengan kedalaman yang lebih besar dan resolusi yang lebih baik. Implementasi array komposit memungkinkan resolusi dan akurasi hasil pemetaan yang lebih baik (Balasco et al., 2022).

Sebagai contoh kasus yang mungkin relevan dengan topik tersebut, ada beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan teknik ERT dengan konfigurasi Wenner atau Komposit Dipol-dipol Gradien untuk mengidentifikasi struktur bawah tanah yang kompleks, (Ramadani & Malik, 2020): "Pemetaan Potensi Sumber Daya Air Bawah Tanah Di Kecamatan Rumbai Pesisir Dengan Menggunakan Metode Ert Aturan Schlumberger". Jurnal ini membahas penggunaan tomografi resistivitas listrik (ERT) dengan konfigurasi Wenner untuk memetakan fitur-fitur subsurface seperti air tanah, lapisan batuan, dan retakan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan jumlah data yang digunakan pada kedua konfigurasi elektroda?
2. Bagaimana perbandingan resolusi pada penampang dua dimensi yang dihasilkan oleh konfigurasi komposit gradien dan dipol-dipol?
3. Bagaimana karakteristik hasil pengukuran berdasarkan pada perbandingan kesalahan (RMS Error) yang dihasilkan dari konfigurasi komposit gradien dan dipol-dipol?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi perbandingan jumlah data yang digunakan pada kedua konfigurasi elektroda
Membandingkan resolusi pada penampang dua dimensi yang dihasilkan oleh konfigurasi komposit gradien dipole-dipole dan wenner



3. Menganalisis hasil pengukuran dengan merujuk pada perbandingan kesalahan (RMS Error) yang dihasilkan dari konfigurasi komposit gradien dipole-dipole dan wenner

1.4 Manfaat Penelitian

1. Membantu dalam memahami struktur bawah tanah permukaan berdasarkan nilai resistivitas dan metode ERT
2. Mengoptimalkan teknik pemetaan dengan membandingkan efektivitas metode Wenner dan Komposit Dipol-dipol Gradien
3. Meningkatkan inovasi teknologi dalam pengembangan peralatan dan teknologi terkait pemetaan bawah permukaan
4. Memanfaatkan pemetaan bawah tanah untuk pengelolaan sumber daya air bawah tanah, penelitian bencana alam, aplikasi teknik rekayasa dan berbagai kontribusi terhadap ilmu pengetahuan

1.5 Batasan Masalah

1. Alat yang digunakan terbatas dan merupakan implementasi desain alat elektroda komposit yang didesain oleh peneliti
2. Parameter yang dicatat berupa jarak antar elektroda, tegangan dan arus
3. Pengukuran dilakukan terbatas di lokasi penelitian
4. Pengukuran dilakukan menggunakan dua jenis konfigurasi elektroda
5. Hasil pengukuran alat ditampilkan terbatas dalam dua dimensi
6. Pemodelan hasil pengukuran alat diproses menggunakan *software* ResIPy
7. Tidak membahas lebih lanjut mengenai pembuatan alat resistivity meter



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Pemetaan Geologi Daerah Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi Selatan, yang diterbitkan menjadi Peta Geologi Regional Lembar Ujung pandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi. Sejarah pelaksanaan pada geologi regional di daerah ini dimulai pada tahun 1971 kemudian menerbitkan hanya berupa peta tinjau dalam rangka Proyek Pemetaan Geologi dan interpretasi Foto Udara. Pada Pelita I, oleh Subdirektorat Perpetaan, Direktorat Geologi (sekarang Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi). Semula pemetaan dilaksanakan secara tinjau dengan tujuan untuk melengkapi data geologi di daerah selatan garis 5° LS (termasuk Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat) guna kompilasi Peta Geologi Regional skala 1 : 1.000.000, yang sekarang sudah terbit (Sukamto 1975) Pemetaan tinjau dilakukan selama Agustus dan September 1971 oleh R. Sukamto H. Sumadirdja. T.S Suria Admadja. K.A Astadiredja, dan dibantu oleh S. Hardjprawiro. D. Sudana N. Ratman dan E. Tittersole.

Data geologi tinjau yang dihasilkan pada tahun 1971 Kemudian dilengkapi dengan berbagai lintasan geologi yang lebih rapat yang dilakukan selama April sampai dengan Juli 1974, dan Agustus sampai dengan Nopember 1974. Hasilnya disusun menjadi peta geologi bersistem luar Jawa skala 1: 250.000. Pemetaan selama 1974 dilakukan oleh R. Sukamto, S. Supriatna. I. Umar, A. Koswara dan dibantu oleh Sanardjo.

Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi pada tahun 1982 diterbitkan oleh Rab. Sukamto dan S. Supriatna. Lembar geologi regional ini dibatasi oleh koordinat : 119° -120° 30'BT dan 5° – 6° LS. Untuk mudahnya seluruh Pulau Selayar yang memanjang sampai 6° 30'LS dimasukkan ke dalam

i. Oleh karena itu lembar ini sebenarnya di selatan dibatasi oleh lintang 6°



Daerah Lembar Geologi Regional ini meliputi Daerah Tk II Kabupaten Maros, Gowa, Takalar, Jeneponto, Bantaeng, Bulukumba, Sinjai dan Selayar; termasuk Daerah Tk. I Propinsi Sulawesi Selatan. Lembar peta berbatasan dengan Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat di utara Selat Makassar di barat, Teluk Bone di timur dan Laut Flores di selatan.

Penduduk di daerah lembar ini relatif padat daripada daerah lain di Sulawesi. Kebanyakan penduduk bertempat tinggal di kota-kota kabupaten dan kecamatan. Yang tersebar di sepanjang pesisir, dan juga di desa-desa yang besar di pedalaman. Sebagian besar penduduknya bertani sawah dan ladang, dan ada pula yang bekerja sebagai nelayan. Penduduk di kota-kota, sebagian berniaga dan sebagian karyawan. Kehidupan sosial di daerah ini mencerminkan kebudayaan asli Sulawesi Selatan yang diantaranya Bugis, Makassar, Bajo, dll. Kebanyakan masyarakatnya beragama Islam ada pula beragama; Katolik dan protestan sedikit yang beragama lain.

Fisiografi lengan selatan Sulawesi yang membentang dengan arah utara-selatan mempengaruhi keadaan iklim di daerah ini. Seperti di daerah Indonesia yang lain di daerah ini pun ada dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim di daerah di bagian barat berbeda waktunya dengan daerah bagian timur. Musim hujan di bagian barat biasanya berlangsung dari Nopember s/d April, dan di bagian timur biasanya berlangsung dari Mei s/d Oktober.

Hutan lebat hanya ditemukan di daerah dataran tinggi, yaitu di sekitar G. Lompobatang dan G. Cindako. Daerah dataran rendah sebagian besar berupa daerah pertanian. Binatang hutan sudah jarang ditemui di daerah ini, yang terlihat hanya ular, kijang, anoa dan ker.

Pada saat itu daerah penelitian tidak mudah dicapai dan kondisi saat ini sudah mudah dicapai. Perhubungan udara yang pada tahun 1971 hanya ada penerbangan dari Jakarta ke Makassar beberapa kali dalam seminggu, sekarang telah berubah menjadi beberapa kali dalam satu hari. Lapangan Udara Mandai di bagian barat laut lembar peta, di antara Ujung Pandang dan Maros. Dari atau Bandara Sultan Hasanuddin hampir seluruh daerah pemetaan dapat dengan kendaraan mobil. Semua kota kabupaten dan sebagian dari kota-



kota kecamatan mempunyai hubungan jalan yang dapat dilalui oleh kendaraan mobil. Jalan-jalan desa dan setapak dapat ditemukan hampir di seluruh daerah ini. Pulau Selayar sekarang mempunyai hubungan laut teratur dengan Bulukumba di daratan Sulawesi, dan sudah bisa terhubung dengan hubungan udara yang disebut perintis.

Peta dasar yang dipakai dalam pemetaan ini adalah peta topografi berskala 1: 250.000, AMS seri T-503, 1962, SB 50-5 dan SB 51-5 ± 9. Peta skala ini dipakai sebagai peta dasar kompilasi. Di lapangan dipakai pula peta topografi berskala 1: 100.000. Di samping itu dipakai pula potret udara yang melengkapi sebagian besar daerah, dengan skala sebagian besar 1:50.000, dan beberapa berskala 1:10:000. Hanya 2 daerah sempit yang memanjang utara-selatan. satu melewati bagian timur Puncak G. Lompobatang dan yang lain melewati Sinjai yang tidak terlingkupi potret udara.

Laporan penyelidikan geologi sebelumnya yang dipakai sebagai referensi dalam penusunan peta Lembar Ujung Pandang. Benteng dan Sinjai ini adalah yang disusun t_Hoen dan Ziegler (1915), Korte (1924), Sung (1942), Purbo-Hadiwidjoyo (1970) dan van Leeuwen (1974).

2.2 Geomorfologi Regional

Bentuk morfologi yang menonjol di daerah lembar ini adalah kerucut gunungapi Lompobatang yang menjulang mencapai ketinggian 2876 m di atas muka laut. Kerucut gunungapi dari kejauhan masih memperlihatkan bentuk aslinya dan menempati lebih kurang 1/3 daerah lembar. Pada potret udara terlihat dengan jelas adanya beberapa kerucut parasit, yang kelihatannya lebih muda dan kerucut induknya bersebaran di sepanjang jalur utara-selatan melewati puncak G. Lompobatang. Kerucut gunungapi Lompobatang ini tersusun oleh batuan gunungapi berumur Plistosen.

Dua buah bentuk kerucut tererosi yang lebih sempit sebarannya terdapat di barat dan sebelah utara G. Lompobatang. Di sebelah barat terdapat G. , mencapai ketinggian 1124 m dan di sebelah utara terdapat G. Cindako,



mencapai ketinggian 1500 m. Kedua bentuk kerucut tererosi ini disusun oleh bawan gunungapi berumur Pliosen.

Di bagian utara lembar terdapat 2 daerah yang terciakan oleh topografi karst yang di bentuk oleh batugamping Formasi Tonasa. Kedua daerah bertopografi karst ini dipisahkan oleh pegunungan yang tersusun oleh batuan gunungapi berumur Miosen sampai Pliosen.

Daerah sebelah barat G. Cindako dan sebelah utara G. Baturape merupakan daerah berbukit kasar di bagian timur dan halus di bagian barat. Bagian timur mencapai ketinggian kira-kira 500 m, sedangkan bagian barat kurang dari 50 m di atas muka laut dan hampir merupakan suatu datanan. Bentuk morfologi ini disusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen. Bukit-bukit memanjang yang tersebar di daerah ini mengarah ke G. Cindako dan G. Baturape berupa retas-retas basal.

Pesisir barat merupakan daratan rendah yang sebagian besar terdiri dari daerah rawa dan daerah pasang-surut. Beberapa sungai besar membentuk daerah banjir di dataran ini. Bagian timurnya terdapat bukit bukit terisolir yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen dan Pliosen. Pesisir baratdaya ditempati oleh morfologi berbukit memanjang rendah dengan arah umum kira-kira baratlaut-tenggara. Pantainya berliku - liku membentuk beberapa teluk, yang mudah dibedakan dari pantai di daerah lain pada lembar ini. Daerah ini disusun oleh batuan karbonat dari Formasi Tonasa.

Secara fisiografi pesisir timur merupakan penghubung antara Lembah Walanae di utara, dan Pulau Selayar di selatan. Di bagian utara, daerah berbukit rendah dari Lembah Walanae menjadi lebih sempit dibanding yang di (Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat) dan menerus di sepanjang pesisir timur Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai ini. Pegunungan sebelah timur dan Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat berakhir di bagian utara pesisir timur lembar ini.



agian selatan pesisir timur membentuk suatu tanjung yang ditempati besar oleh daerah berbukit kerucut dan sedikit topografi kras. Bentuk

morfologi semacam ini ditemukan pula di bagian barat laut P. Selayar. Teras pantai dapat diamati di daerah ini sejumlah antara 3 dan 5 buah. Bentuk morfologi ini disusun oleh batugamping berumur Miosen Akhir-Pliosen.

Pulau Selayar mempunyai bentuk memanjang utara-selatan, yang secara fisiografi merupakan lanjutan dari pegunungan sebelah timur di Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat. Bagian timur rata-rata terangkat lebih tinggi dengan puncak tertinggi 608 m, dan bagian barat lebih rendah. Pantai timur rata-rata terjal dan pantai barat landai secara garis besar membentuk morfologi lereng-miring ke arah barat.

2.3 Stratigrafi Regional

Tmc FORMASI CAMBA: batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa batupasir dan batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat dan breksi gunungapi. dan batubara.

Warna beraneka dari putih, coklat, merah. kelabu muda sampai kehitaman umumnya mengeras kuat; berlapis-lapis dengan tebal antara 4 cm dan 100 cm. Tufa berbutir halus hingga lapili; tufa lempungan berwarna merah mengandung banyak mineral biotit; konglomerat dan breksinya terutama berkomponen andesit dan basal dengan ukuran antara 2 cm dan 30 cm; batugamping pasiran mengandung koral dan moluska; batulempung kelabu tua dan napal mengandung fosil foram kecil; sisipan batubara setebal 40 cm ditemukan di S. Maros.

Fosil dari Formasi Camba yang dikenal oleh D. Kadar (hubungan tertulis 1974, 1975) dan (hubungan tertulis, 1975). pada contoh batuan La.3. L.a.24, La.125, dan La.448/4, terdiri dari: *Globorotalia mayeri* CUSHMAN & ELLISOR, *Gl. praefoksi* BLOW & MANNER, *Gl. siakensis* (LEROY), *Flosculinella bontangensis* (RUTTEN). *Globigerina venezuelana* HEDBERG, *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN & JARWS). *Orbulina universa* D 'ORBIGNY, *O. suturalis* BROWNMANN *Cellantbus cratuculatus* FICHTEL & MOLL, dan *Elphidium*

(CUSHMAN) Gabungan fosil tersebut menunjukkan umur Miosen Tf). Lagi pula ditemukan fosil foraminifera jenis yang lain, ostrakoda dan dalam Formasi ini. Kemungkinan Formasi Camba di daerah ini berumur



sama dengan yang di Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, yaitu Miosen Tengah sampai Miosen Akhir.

Formasi ini adalah lanjutan dari Formasi Camba yang terletak di Lembar Pangkajene dan Bagian Barat Watampone sebelah utaranya kira-kira 4.250 m tebalnya, diterobos oleh retas basal piroksen setebal antara $\frac{1}{2}$ - 30 m, dan membentuk bukit-bukit memanjang Lapisan batupasir kompak (10 - 75 cm) dengan sisipan batupasir tufa (1 - 2 cm) dan konglomerat berkomponen basal dan andesit, yang tersingkap di P. Selayar diperkirakan termasuk satuan Tmc.

Tmcv Batuan Gunungapi Formasi Camba: breksi gunungapi, lava konglomerat dan tufa berbutir halus hingga lapili bersisipan batuan sedimen laut berupa batupasir tufaan, batupasir gampingan dan batulempung yang mengandung sisa tumbuhan. Bagian bawahnya lebih banyak mengandung breksi gunungapi dari lava yang berkomposisi andesit dan basal; konglomerat juga berkomponen andesit dan basal dengan ukuran 3 - 50 cm; tufa berlapis baik, terdiri dari tufa litik, tufa kristal dan tufa vitrik. Bagian atasnya mengandung ignimbrit bersifat trakit dan tefrit leusit; ignimbrit berstruktur kekar meniang, berwarna kelabu kecoklatan dan coklat tua, tefrit leusit berstruktur aliran dengan permukaan berkerak roti, berwarna hitam. Satuan Tmcv ini termasuk yang dipetakan oleh T.M. van Leeuwen (hubungan tertulis, 1978) sebagai Batuan Gunungapi Sopo, Batuan Gunungapi Pamusureng dan Baruan Gunungapi Lemo. Breksi gunungapi yang tersingkap di P. Selayar mungkin termasuk formasi ini; breksinya sangat kompak, sebagian gampingan; berkomponen basal amfibol, basal piroksen dan andesit (0,5 — 30 cm), bermassa dasar tufa yang mengandung biotit dan piroksen.

Fosil yang dikenali oleh D. Kadar (hubungan tertulis, 1971) dari lokasi A.75 dan A.76.b termasuk: Amphistegina sp., Globigerinides, Operculina sp., Orbulina universa D 'ORBIGNY, Rotaila sp., dan Gastropoda. Penarikan jejak belah dan contoh ignimbrit menghasilkan umur 13 ± 2 juta tahun dan K-Ar dan contoh lava menghasilkan umur 6,2 juta tahun (TM. van Leeuwen, hubungan tertulis, 1978).

ontologi dan radiometri tersebut menunjukkan umur Miosen Tengah Miosen Akhir.



Satuan ini mempunyai tebal sekitar 2.500 m dan merupakan fasies gunungapi dari pada Formasi Camba yang berkembang baik di daerah sebelah utaranya (Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat); lapisannya kebanyakan terlipat lemah, dengan kemiringan kurang dari 20°; menindih tak selaras batugamping Formasi Tonasa (Temt) dan batuan yang lebih tua.

***Tpbv* BATUAN GUNUNGAPI BATURAPE CINDAKO:** lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat.

Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil tansatmata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar maniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

Komplek terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (*Tpbc*); batuan di sekitarnya terubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit; mineral galena di Baturape kemungkinan berhubungan dengan terobosan diorit ini; daerah sekitar Baturape dan Cindako batuanya didominasi oleh lava *Tpbl*. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir.

***Qlv* BATUAN GUNUNGAPI LOMPOBATANG:** aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa.

Membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas muka laut; batuanya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, lavanya ada yang berlubang - lubang seperti yang di sebelah barat Sinjai dan ada yang berlapis; lava yang terdapat kira-kira 2½ km sebelah utara Bantaeng berstruktur bantal; setempat breksi dan tufanya mengandung banyak biotit.



entuk morfologi tubuh gunungapi masih jelas dapat dilihat pada potret (*lvc*) adalah pusat erupsi yang memperlihatkan bentuk kubah lava; bentuk parasit memperlihatkan paling sedikit ada 2 perioda kegiatan erupsi, yaitu

Qlvpl dan Qlvp2. Di daerah sekitar pusat erupsi batumannya terutama terdiri dari lava dan aglomerat (Qlv), dan di daerah yang agak jauh terdiri terutama dari breksi, endapan lahar dan tufa (Qlvb). Berdasarkan posisi stratigrafinya diperkirakan batuan gunungapi ini berumur Plistosen.

gd GRANODIORIT: terobosan granodiorit, batumannya berwarna kelabu muda, di bawah mikroskop terlihat adanya felspar, kuarsa, biotit, sedikit piroksen dan hornblende, dengan mineral pengiring zirkon, apatit dan magnetit; mengandung senolit bersifat diorit, diterobos retas aplit, sebagian yang lebih bersifat diorit mengalami kaolinisasi.

Batuan terobosan ini tersingkap di sekitar Birru, menerobos batuan dari Formasi Marada (Km) dan Batuan Gunungapi Terpropilitkan (Tpv), tetapi tidak ada kontak dengan batugamping Formasi Tonasa (Temt). Penarikan jejak belah dari contoh granodiorit yang menghasilkan umur 19 ± 2 juta tahun memberikan dugaan bahwa penerobosan batuan ini berlangsung di Kala Miosen Awal (T.M. van Leeuwen, hubungan tertulis, 1978).

d DIORIT: terobosan diorit, kebanyakan berupa stok dan sebagian retas atau sill; Singkapannya ditemukan di sebelah timur Maros, menerobos batugamping Formasi Tonasa (Temt); umumnya berwarna kelabu, bertekstur porfiri, dengan fenokris amfibol dan biotit, sebagian berkekar meniang.

Penarikan Kalium Argon pada biotit dan aplit (lokasi 2) dan diorit (lokasi 3) menunjukkan umur masing-masing 9,21 dan 7,74 juta tahun atau Miosen. Akhir. (J.D. Obradovich hubungan tertulis. 1974).

t/a TRAKIT DAN ANDESIT: terobosan trakit dan andesit berupa retas dan stok.

Trakit berwarna putih, bertekstur porfiri dengan fenokris sanidin sampai sepanjang 1 cm; andesit berwarna kelabu tua, bertekstur porfiri dengan fenokris amfibol dan biotit. Batuan ini tersingkap di daerah sebelah baratdaya Sinjai, dan sebagai batuan gunungapi Formasi Camba (Tmcv).

ASAL: terobosan basal berupa retas, sill dan stok, bertekstur porfir dengan piroksen kasar mencapai ukuran lebih dari 1 cm, berwarna kelabu tua



kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang, beberapa di antaranya mempunyai tekstur gabro. Terobosan basal di sekitar Jene Berang berupa kelompok retas yang mempunyai arah kira-kira radier memusat ke Baturape dan Cindako; sedangkan yang di sebelah utara Jeneponto berupa stok.

Semua terobosan basal menerobos batuan dan Formasi Camba (Tmc). Penarikan Kalium/Argon pada batuan basal dari lokasi 1 dan 4, dan gabro dari lokasi 5 menunjukkan umur masing-masing 7,5, 6,99 dan 7,36 juta tahun, atau Miosen Akhir (Indonesia Gulf Oil Co., hubungan tertulis, 1972; J.D. Obradovich, hubungan tertulis, 1974). Ini menandakan bahwa kemungkinan besar penerobosan basal berlangsung sejak Miosen Akhir sampai Pliosen Akhir.

s BATUAN MALIHAN KONTAK: batutanduk yang berkomposisi mineral-mineral antofilit, kordiorit, epidot, garnet, kuarsa, felspar, muskovit dan karbonat.

Berwarna kelabu kehijauan sampai hijau tua, tersingkap daerah yang sempit (± 2 km²), pada kontak dengan granodiorit (gd) dan dibatasi oleh sesar dari batuan gunungapi Tmcv. Batutanduk ini mengandung banyak lensa magnetit.

2.4 Struktur dan Tektonika

Batuan tertua yang tersingkap di daerah ini adalah sedimen flysch Formasi Marada, berumur Kapur Atas. Asosiasi batuanannya memberikan petunjuk suatu endapan lereng bawah laut, ketika Kegiatan magma berkembang menjadi suatu gunungapi pada waktu kira-kira 63 juta tahun, dan menghasilkan Batuan Gunungapi .

Lembah Walanae di lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat sebelah utaranya menerus ke Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, melalui Sinjai di pesisir timur Lembah ini memisahkan batuan berumur Eosen, yaitu sedimen klastika Formasi Salo Kalupang di sebelah timur dan sedimen karbonat Formasi Tonasa di sebelah baratnya.



uanya pada Kala Eosen daerah sebelah barat Lembah Walanae an suatu paparan laut dangkal, dan daerah sebelah timurnya merupakan ungan sedimentasi dekat daratan.

Paparan laut dangkal Eosen meluas hampir ke seluruh daerah lembar peta, yang buktinya ditunjukkan oleh sebaran Formasi Tonasa di sebelah barat Birru, sebelah timur Maros dan di sekitar Takalar. Endapan paparan berkembang selama Eosen sampai Miosen Tengah. Sedimentasi klastika di sebelah timur Lembah Walanae rupanya berhenti pada Akhir Oligosen, dan diikuti oleh kegiatan gunungapi yang menghasilkan Formasi Kalamiseng.

Akhir dari pada kegiatan gunungapi Eosen Awal diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya pemulaan terban Walanae. yang kemudian menjadi cekungan di mana Formasi Walanae terbentuk. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai kala Pliosen.

Menurunnya cekungan Walanae dibarengi oleh kegiatan gunungapi yang terjadi secara luas di sebelah baratnya dan mungkin secara lokal di sebelah timurnya. Peristiwa ini terjadi selama Miosen Tengah sampai Pliosen. Semula gunungapinya terjadi di bawah muka laut, dan kemungkinan sebagian muncul di permukaan pada kala Pliosen. Kegiatan gunungapi selama Miosen menghasilkan Formasi Camba, dan selama Pliosen menghasilkan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako.

Kelompok retas basal berbentuk radier memusat ke G. Cindako dan G. Baturape, terjadinya mungkin berhubungan dengan gerakan mengukubah pada kala Pliosen.

Kegiatan gunungapi di daerah ini masih berlangsung sampai dengan kala Plistosen, menghasilkan Batuan Gunungapi Lompobatang. Berhentinya kegiatan magma pada akhir Plistosen, diikuti oleh suatu tektonik yang menghasilkan sesar-sesar en echelon (meruncing) yang melalui G. Lompobatang berarah utara-selatan. Sesar-sesar en echelon mungkin sebagai akibat dari suatu gerakan mendatar dekstral dari pada batuan alas di bawah Lembah Walanae. Sejak kala Pliosen bagian barat ujung lengan Sulawesi Selatan ini merupakan dataran stabil, yang di Holosen hanya terjadi endapan aluvium dari rawa-rawa.



Gejala mineralisasi didapatkan di daerah Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai. Gosan mangan ditemukan berserakan di atas tanah lapukan dari Batuan Gunungapi Terpropilitkan (Tpv), dekat sentuhan dengan terobosan granodiorit (gd). Hasil penyelidikan yang dilakukan oleh PT Riotinto Bethlehen Indonesia menunjukkan bahwa gosan mangan itu berasal dari prospek endapan bijih logam dasar. Endapan timbal terjadi di daerah pinggiran kompleks terobosan diorit (Tpbv) pada Batuan Gunungapi Baturape-Cindako (Tpbv), yang oleh perusahaan setempat telah ditambang sejak sebelum Perang Dunia ke-II.

Batugamping dari Formasi Tonasa yang berlimpah memberikan cadangan bahan galian industri yang cukup besar. Batugamping ini telah digunakan sebagai bahan baku untuk Pabrik Semen Tonasa yang terletak di Pangkajene di sudut baratdaya lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat. Batuan beku berupa terobosan dan lava (basal, trakit, andesit, diorit, granodiorit) yang ditemukan di berbagai tempat baik sebagai bahan bangunan fondasi.

Mataair panas dan mineral ditemukan di beberapa tempat. Beberapa airpanas di sebelah baratdaya dan selatan Sinjai, di antaranya ada yang bersuhu sampai 40°C (Purbo-Hadiwidjoyo, 1968). Eksplorasi minyak dan gas bumi dilakukan oleh Gulf Oil Indonesia sejak 1967 di beberapa tempat di darat dan di lepas pantai. Pemboran uji telah dilakukan baik di pantai maupun di lepas pantai.

2.5 Metode ERT (Electrical resistivity tomography)

Metode ERT merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dengan nilai resistivitas bawah permukaan. Prinsip dari metode ini adalah menginjeksikan arus dari permukaan ke bawah permukaan dengan menggunakan transmitter berupa elektroda arus dan mencatat potensi bawah permukaan dengan menggunakan receiver berupa elektroda potensial (Samouelian et al., 2005). Pada dasarnya arus yang diinjeksikan akan mengalir ke batuan melalui pori atau mineral dari batuan. Arus mengalir dengan mudah di batuan yang memiliki sifat konduktif (Olatunji, 1999). Saat arusnya mengalir dalam batuan maka batuan tersebut memiliki sifat resistif. Metode resistivitas dapat digunakan pada beberapa kasus yaitu mineral dan pertambangan, investigasi lingkungan, deteksi air tanah, dan persoalan geoteknik (Schepers et al., 2001).

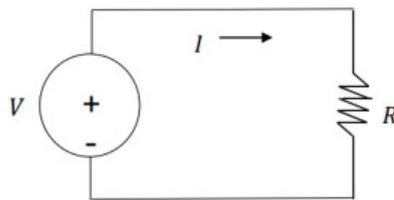


Pada dasarnya metode ERT memiliki dua teknik pengukuran yaitu secara mapping dan sounding. Sounding merupakan sebuah teknik metode ERT yang memperlihatkan nilai resistivitas batuan di bawah permukaan secara vertikal, sedangkan mapping merupakan teknik metode ERT yang memperlihatkan nilai resistivitas batuan secara horizontal. Pada metode ERT ini semakin panjang lintasan maka lapisan batuan yang terdeteksi semakin dalam. Metode ini juga dapat digunakan untuk melihat struktur bawah permukaan termasuk di dalamnya untuk mendeteksi kedalaman lapisan keras. Metode ERT pada penelitian ini metode ERT yang dipakai yakni metode resistivitas dengan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger.

2.6 Hukum Ohm

Konsep dasar metode resistivitas adalah Hukum Ohm. Pada tahun 1826 George Simon Ohm mencoba sebuah percobaan untuk mencari perbedaan antara tegangan V pada penghantar dan arus I dengan melalui penghantar yang masih masuk karakteristik parameter penghantar. Hubungan resistansi, kuat arus, dan tegangan dapat dilihat pada Gambar 1. Parameter tersebut merupakan resistansi R , merupakan hasil bagi tegangan V dan arus I , sehingga dituliskan:

$$R = \frac{V}{I} \quad 2.1$$



Gambar 1 Rangkaian listrik sederhana resistansi (Lowrie, 2007)

R merupakan resistansi bahan (ohm), I merupakan besar kuat arus (ampere), dan V merupakan besar tegangan (volt). Hukum Ohm mengartikan terhadap potensial atau tegangan antara ujung penghantar merupakan hasil kali resistansi dengan kuat arus.

ρ merupakan konstan (tetap) dan tidak tergantung arus.

persamaan yang digunakan pada suatu medium untuk mendapatkan nilai ρ di mana medium yang tidak homogen akan terukur nilai tahanan jenis



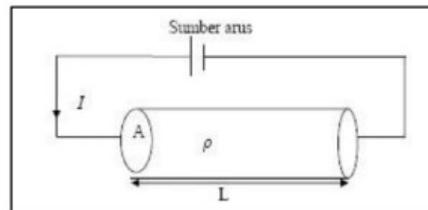
yang sesungguhnya, sedangkan untuk medium yang homogen akan terukur nilai tahanan jenis semu. Jika ditinjau suatu kawat dengan panjang L (meter), luas penampang A (m²), dan resistivitas ρ (ohm. meter), maka resistansi R dapat dirumuskan (Lowrie, 2007)

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 2.2$$

Substitusi persamaan (2.1) dan (2.2), sehingga diperoleh persamaan resistivitas,

$$\rho = \frac{V A}{I L} \quad 2.3$$

Hubungan resistansi R suatu kawat dengan panjang L (m), luas penampang A (m²), dan resistivitas ρ (Ω m), dan potensial V dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Gambaran arus listrik melalui medium homogen (Lowrie, 2007)

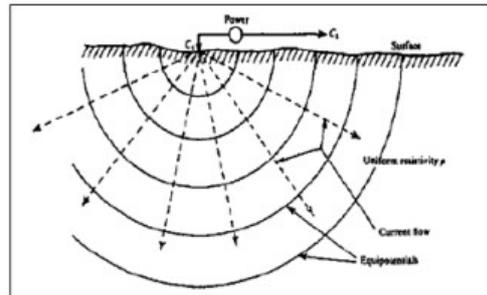
Pada saat pengukuran di lapangan, nilai tahanan jenis semu bergantung pada tahanan jenis setiap lapisan batuan yang terukur dan konfigurasi elektroda yang digunakan. Batuan penyusun dalam bumi memiliki fungsi sebagai resistor terhadap nilai tahanan jenis sederhana dengan mengartikan bahwa mediumnya termasuk medium yang homogen isotropis (Djoko Santoso, 2002).

2.7 Penjalaran Arus dalam Bumi

Penjalaran arus dalam bumi dapat dibedakan menjadi dua yaitu potensial arus tunggal dan potensial oleh dua sumber arus di dalam bumi. Pada model bumi homogen isotropis, dapat dikatakan elektroda C tersambung dengan elektroda lain di permukaan dengan jarak cukup jauh. Elektroda C dapat dikatakan sebagai titik

yang menghantarkan arus listrik ke segala arah di dalam bumi dengan hambatan jenis. Equipotensial di setiap titik membentuk permukaan bola-bola yang berjari-jari r dapat dilihat pada Gambar 3.





Gambar 3 Ilustrasi aliran arus untuk sumber tunggal (Telford et al., 1990)

Pada ilustrasi aliran arus tunggal untuk sumber tunggal yang keluar dari titik sumber membentuk setengah bola di bawah permukaan dengan adanya medan kontur ekuipotensial berdasarkan sumber Telford didapatkan persamaan harga potensial berikut

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r} \quad 2.4$$

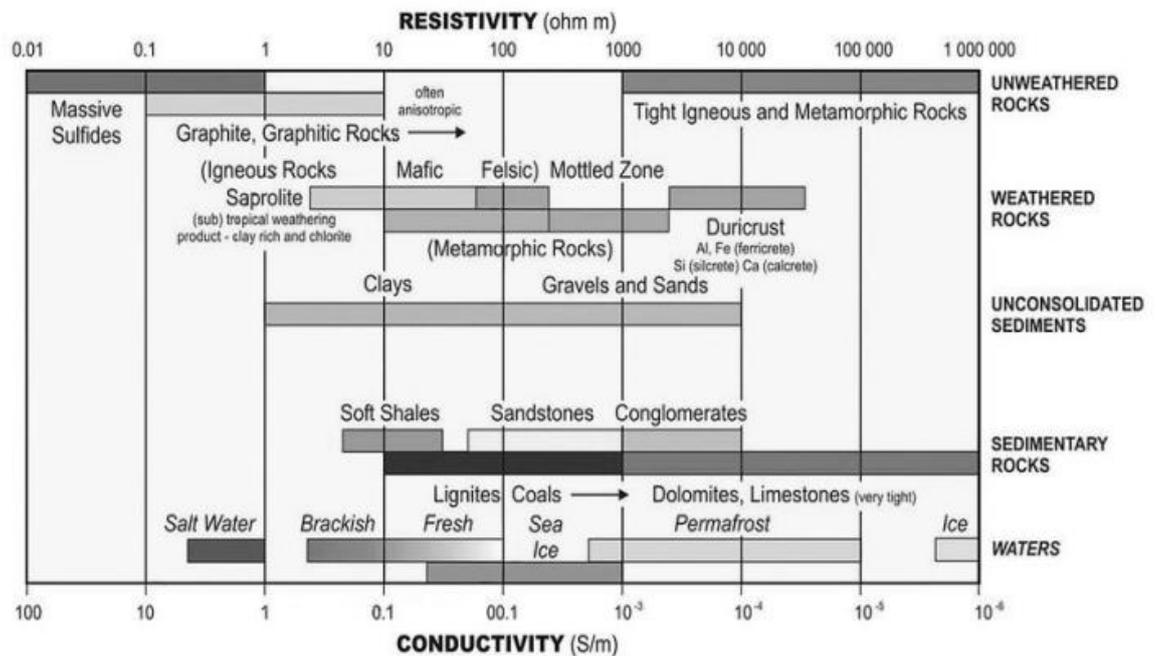
Dengan ΔV = beda potensial (volt), I = kuat arus (ampere) yang dilalui oleh suatu media. Berdasarkan persamaan (2.4), nilai resistivitas listrik yang diberikan oleh medium tersebut yaitu

$$\rho = 2\pi r \frac{v}{I} \quad 2.5$$

2.8 Resistivitas Tanah

Resistivitas atau tahanan jenis adalah kemampuan suatu material untuk menahan arus listrik, yang direpresentasikan dalam persamaan matematika dengan ρ (rho). Materi yang kita jumpai setiap hari merupakan kumpulan atom atau molekul dalam jumlah besar. Molekul terdiri dari atom, yang terdiri dari inti bermuatan positif yang dikelilingi oleh awan elektron bermuatan negatif. Batuan merupakan suatu material, sehingga batuan mempunyai sifat kelistrikan (Telford et al., 2012). Nilai resistivitas dari beberapa batuan dapat dilihat pada Gambar 4.





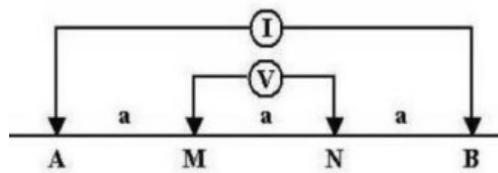
Gambar 4 Resistivitas Batuan (Nugroho dkk, 2018)

Daya hantar listrik atau yang lebih dikenal dengan konduktivitas adalah besaran yang menyatakan jumlah ion terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus sebesar 1 mikrovolt dalam 1 cm luas lapisan logam. Sifat ini dipengaruhi oleh kandungan yang disebut ion bebas (Reynolds, 1997). Dimana bumi terdiri dari lapisan batuan dengan nilai konduktivitas dan resistivitas yang berbeda, sehingga potensial terukur dipengaruhi oleh lapisan tersebut dan menyebabkan nilai resistivitas yang terukur bergantung pada jarak elektroda.

2.9 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi elektroda Wenner adalah salah satu metode pengukuran resistivitas tanah yang umum digunakan. Metode ini melibatkan empat elektroda yang ditempatkan sejajar di dalam tanah dengan jarak tetap antara mereka (Ward & Friedman, 2006). Konfigurasi ini memungkinkan pengukuran nilai resistivitas secara relatif akurat dan dapat memberikan gambaran tentang karakteristik konduktivitas listrik di dalam tanah.





Gambar 5 Konfigurasi Wenner

Dalam konfigurasi elektroda Wenner, terdapat dua pasang elektroda: A-B dan M-N. Elektrode A dan B berfungsi sebagai sumber arus, sedangkan elektrode M dan N berperan sebagai penerima potensial atau voltmeter. Jarak antara setiap pasangan elektroda harus sama untuk menjaga konsistensi hasil pengukuran.

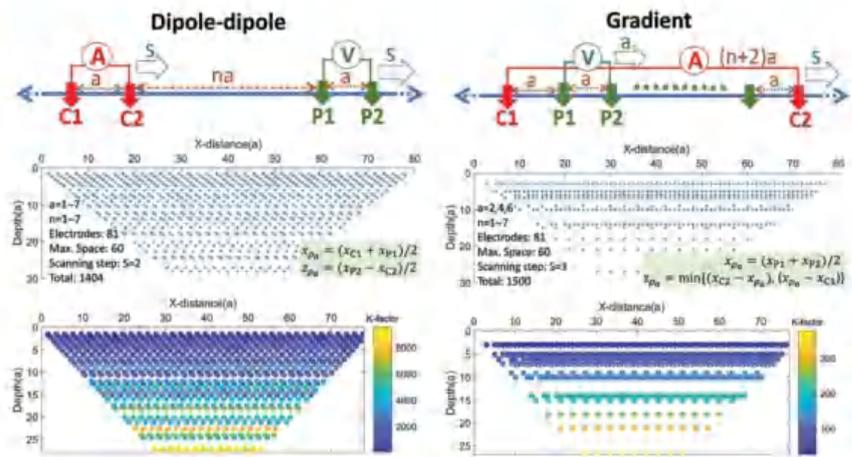
Untuk menghitung nilai resistivitas tanah menggunakan metode Wenner, kita perlu mengukur tahanan (resistansi) antara kedua pasang elektroda tersebut. Kemudian, dengan menggunakan rumus matematis tertentu seperti Persamaan Schlumberger atau persamaan lainnya, kita dapat menentukan nilai resistivitas tanah dari data pengukuran tersebut (Telford et al., 1990).

2.10 Konfigurasi Dipol dipol

Konfigurasi elektroda dipol-dipol adalah salah satu metode pengukuran resistivitas tanah yang digunakan dalam studi ERT. Metode ini melibatkan empat elektroda dengan dua pasang elektrode A-B dan M-N, di mana jarak antara pasangan A-B lebih besar daripada jarak antara pasangan M-N (Pelton & Smith, 1979). Konfigurasi ini memungkinkan untuk mendapatkan informasi lebih rinci tentang distribusi resistivitas tanah secara vertikal.

Dalam konfigurasi elektroda dipol-dipol, kedua pasang elektrodanya ditempatkan sejajar dan terpisah oleh jarak tetap. Pasangan A-B berfungsi sebagai sumber arus, sedangkan pasangan M-N digunakan sebagai penerima potensial atau voltmeter. Posisi B pada setiap titik pengukuran akan bergeser secara bertahap dari titik awal ke titik akhir sesuai dengan skema pemetaan yang diinginkan (Ward & Friedman, 2006).





Gambar 6 Konfigurasi Dipol - dipol dan Gradien (Oyeyemi et al., 2022)

Untuk menghitung nilai resistivitas tanah menggunakan metode dipol-dipol, kita perlu mengukur tahanan (resistansi) antara kedua pasang elektroda tersebut pada setiap posisi B yang berbeda-beda. Dari data pengukuran tersebut, dapat dibuat kurva tahanan terhadap panjang AB serta dilakukan proses inversi untuk mendapatkan estimasi distribusi resistivitas tanah (Telford et al., 1990).

2.11 Resistivity Meter

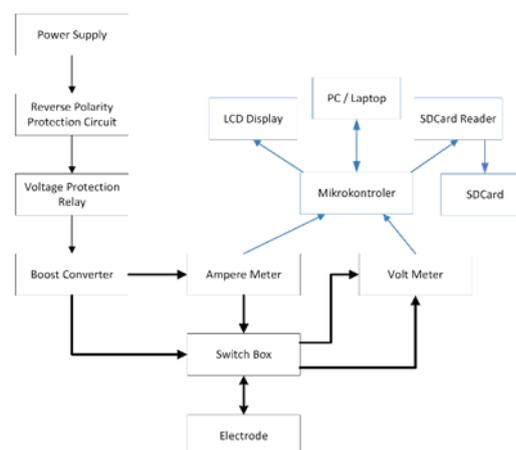
Resistivity meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur resistivitas dari suatu material atau medium. Alat ini bekerja dengan prinsip dasar pengukuran hambatan listrik atau tahanan menggunakan elektroda dan sumber arus. Dalam konteks geofisika, resistivity meter biasanya digunakan untuk memperoleh informasi tentang karakteristik tanah, seperti struktur geologi, kelembaban tanah, dan sebaran air tanah (Ward & Friedman, 2006). Resistivity meter telah menjadi instrumen yang sangat penting dalam pemetaan bawah permukaan. Alat ini memungkinkan pengukuran resistivitas listrik lapisan tanah untuk mendapatkan wawasan lebih dalam tentang litologi dan struktur geologi di bawah permukaan.

Komponen-Komponen Utama dalam Resistivity Meter Beberapa komponen utama dalam resistivity meter meliputi:



elektroda: Digunakan sebagai probe untuk mengirimkan arus listrik ke dalam media yang akan diukur.

- 2) Sumber Arus: Memberikan pasokan energi listrik kepada elektroda sehingga arus dapat mengalir melalui medium.
- 3) Voltmeter: Mengukur tegangan pada elemen-elemen pengujian (elektroda) untuk mendapatkan nilai tahanan atau impedansi.
- 4) Mikrokontroler: Mencatat secara otomatis nilai tegangan maupun arus yang masuk kedalam alat
- 5) Rangkaian Pemrosesan Data: Melakukan perhitungan dan analisis terhadap data yang diperoleh dari resistivity meter (Griffiths & Barker, 2011). Aplikasi pemrosesan data pada penelitian ini menggunakan aplikasi ResIPy



Gambar 7 Skematik Desain Resistivity Meter (Hidayah, 2023)

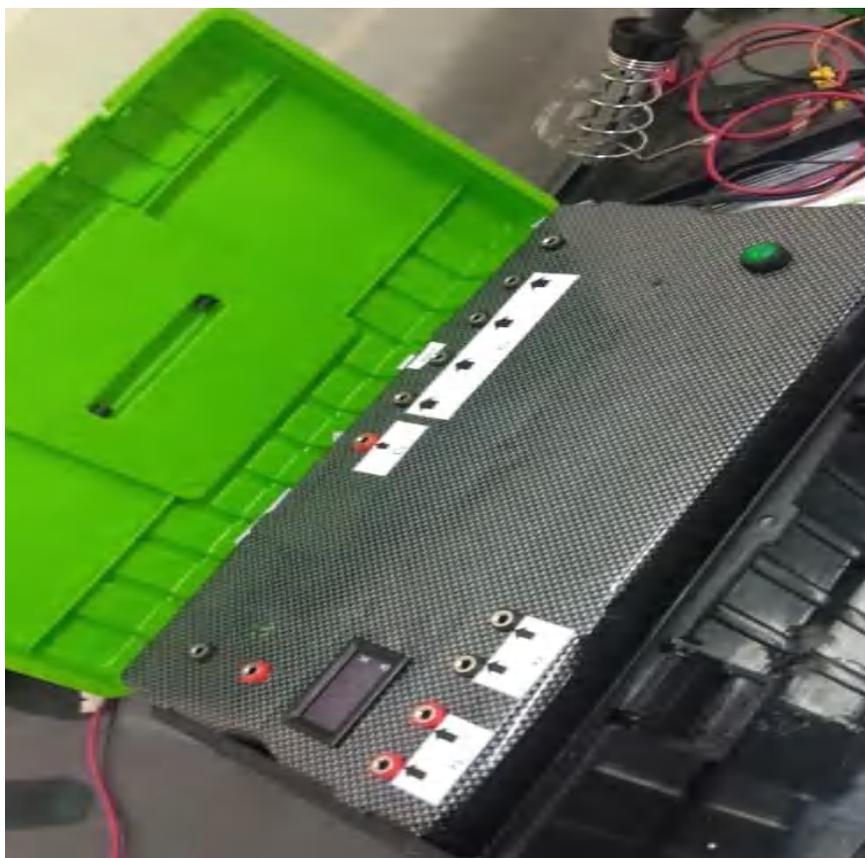
Dalam penelitian ini, seperti yang terlihat pada Gambar 7, kami menggunakan diagram skematik alat pengukur resistivitas yang digunakan untuk mencatat arus dan tegangan. Pembuatan alat tersebut dilakukan dari awal karena pengukuran ini menggunakan konfigurasi komposit yang kurang didukung oleh sebagian besar alat resistivity yang tersedia di pasaran. Konfigurasi komposit ini memiliki nilai konstanta k yang berbeda beda, sehingga tidak cocok digunakan pada konfigurasi dengan nilai konstanta k yang telah ditentukan sebelumnya.

Pembuatan resistivity meter ini merupakan proses yang dimulai dari tahap awal, yang melibatkan perancangan skema elektronika dan pembuatan beberapa



n tambahan guna meningkatkan tegangan listrik. Dalam konteks ini, n sebuah boost converter sebagai salah satu komponen yang terbukti ; dan kompatibel dengan power supply DC yang digunakan di lapangan.

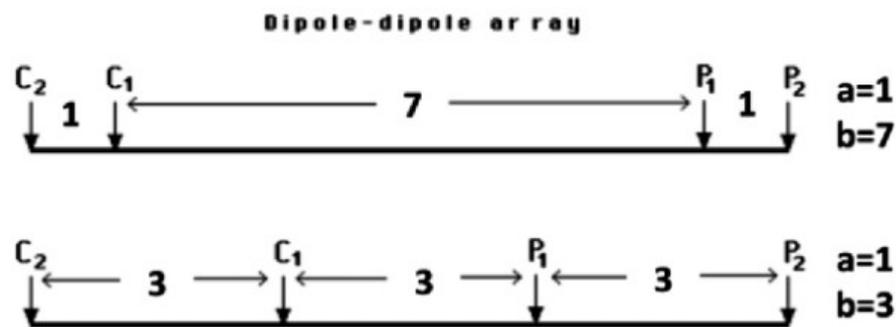
Setelah rangkaian penaik tegangan DC selesai dibuat, dilakukan pemasangan display untuk menampilkan data yang dihasilkan oleh alat tersebut, serta penambahan casing yang berfungsi sebagai pelindung terhadap komponen elektrikal. Untuk gambaran visual lebih lanjut terkait dengan alat ini, dapat ditemukan dalam ilustrasi yang terlampir pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8 Resistivity meter penelitian

Proses Kerja Resistivity Meter ketika melakukan pengukuran menggunakan resistivity meter, elektrode dipasangkan pada permukaan tanah dengan jarak tertentu sesuai dengan metode pengukuran yang digunakan (misalnya Wenner array). Kemudian sumber arus memberikan arus listrik ke elektrode, dan voltmeter mengukur tegangan yang dihasilkan pada elektrode lainnya. Dari nilai tahanan atau impedansi yang didapatkan, resistivity meter dapat menghitung nilai resistivitas tanah menggunakan rumus matematis tertentu (Pelton & Smith, 1979).





Gambar 9 Konfigurasi Dipol dipol (Sunardi dkk., 2016)

Jenis-Jenis Resistivity Meter Terdapat beberapa jenis resistivity meter yang umum digunakan dalam penelitian geofisika, antara lain:

1. Wenner Array: Menggunakan empat elektroda dengan jarak tetap untuk pengukuran tahanan tanah.
2. Dipole-Dipole: Melibatkan pasangan elektroda yang ditempatkan sejajar dengan jarak berbeda-beda untuk mendapatkan informasi lebih rinci tentang distribusi resistivitas vertikal.
3. Schlumberger Array: Menggunakan rangkaian linier dari elektroda dengan jarak bertambah secara eksponensial untuk pengukuran dalam skala besar (Telford et al., 1990).

Dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi waktu dan sumber daya, peneliti telah mengembangkan sebuah solusi yang mendukung penggunaan multichannel dalam alat yang digunakan. Untuk mencapai tujuan ini, sebuah switch box telah dirancang dan dibangun. Switch box ini mengoptimalkan proses pengambilan data dengan mengurangi perlunya penancapan elektroda pada lokasi pengukuran yang berbeda secara berulang-ulang selama penelitian. Dalam implementasinya, sekitar 350 meter kabel digunakan untuk mengalirkan listrik dari alat utama ke elektroda dengan efisiensi yang lebih baik. Struktur fisik dari switch box ini dapat diidentifikasi lebih lanjut pada ilustrasi yang terlampir pada Gambar 10.





Gambar 10 Switch Box

2.12 ResIPy

Aplikasi ResIPy adalah sebuah program komputer open-source yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python. Aplikasi ini dirancang khusus untuk menganalisis dan memproses data resistivitas tanah dalam konteks survei ERT. Dalam penelitian ini, kami menggunakan aplikasi ResIPy sebagai alat bantu analisis serta inversi model data resistivitas.

ResIPy memiliki beberapa fitur utama yang dapat mendukung pengolahan dan analisis data resistivitas. Pertama, terdapat fitur preprocessing data yang digunakan untuk membersihkan dan mengolah data mentah sebelum melakukan tahap selanjutnya. Fitur kedua adalah inversi model, di mana pengguna dapat membuat model visual dua- atau tiga-dimensi dari data resistivitas guna memperoleh informasi tentang struktur bawah permukaan dengan lebih detail.

Index	C2	C1	P1	P2	SP (mV)	POTENSIAL	In (mA)	TEGANGAN	ARUS	c2	c1	p1	p2	IP (mV to V)	IP (mV to V)	
1	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	62.5	1.388	318.7	1.3255	0.3187	0.0	1.0	2.0	3.0	0.0625	1.388
2	1.0	1.0	2.0	4.0	5.0	97.7	351.4	315.4	0.2537	0.3154	0.0	1.0	3.0	4.0	0.0977	0.3514
3	2.0	1.0	2.0	5.0	6.0	-169.6	-63.3	315.5	0.1063	0.3155	0.0	1.0	4.0	5.0	-0.1696	-0.0633
4	3.0	1.0	2.0	6.0	7.0	93.7	148.3	315.1	0.0546	0.3151	0.0	1.0	5.0	6.0	0.0937	0.1483
5	4.0	1.0	2.0	7.0	8.0	25.52	42.43	315.3	0.01691	0.3153	0.0	1.0	6.0	7.0	0.02552	0.04243
6	5.0	1.0	2.0	8.0	9.0	-124.5	-118.8	312.0	0.0057	0.312	0.0	1.0	7.0	8.0	-0.1245	-0.1188
7	6.0	1.0	2.0	9.0	10.0	81.2	83.3	309.2	0.0021	0.3092	0.0	1.0	8.0	9.0	0.0812	0.0833
8	7.0	1.0	2.0	10.0	11.0	-36.56	-34.45	305.0	0.00211	0.305	0.0	1.0	9.0	10.0	-0.03656	-0.03445
9	8.0	1.0	2.0	11.0	12.0	-17.23	-14.76	306.4	0.00247	0.3064	0.0	1.0	10.0	11.0	-0.01723	-0.01476

Gambar 11 Tampilan Antarmuka ResIPy



Selain itu, ada juga fitur visualisasi data yang memungkinkan presentasi grafis dari hasil analisis sehingga mudah dipahami oleh pengguna awam. Keuntungan lain dari aplikasi ini adalah antarmuka user-friendly nya, sehingga pengguna dengan latar belakang non-teknis pun dapat dengan mudah mengoperasikan fungsionalitas yang disediakan.

Dalam mengembangkan aplikasi ResIPy berbasis Python, kami mengacu pada beberapa referensi yang relevan. Pertama, penelitian oleh Loke dan Barker memberikan kontribusi dalam metode inversi cepat menggunakan teknik least-squares untuk data resistivitas (Loke & Barker, 1996).

Selanjutnya, untuk mempelajari lebih lanjut tentang penggunaan aplikasi ResIPy dalam analisis data resistivitas, Auken dan Vignoli menyediakan informasi interpretasi survei dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak bernama Res2Dinv and Res3Dinv. Selain itu, Kuras dan Wilkinson juga telah menerbitkan buku panduan tentang pembuatan pseudoseksi resistivitas tampak dengan menggunakan software Apparent Resistivity Pseudosections for Windows: version 2d/3d.

