

Skripsi Geofisika

**Implementasi Metode Geolistrik Resistivitas dalam Estimasi
Potensi Keberadaan Akuifer pada Beberapa Titik Duga
di Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau, Kabupaten Maros**



Oleh:

NURUL FHAIKA

H061 18 1309

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

HALAMAN JUDUL

**Implementasi Metode Geolistrik Resistivitas dalam Estimasi Potensi
Keberadaan Akuifer pada Beberapa Titik Duga di Kecamatan Turikale dan
Kecamatan Lau, Kabupaten Maros**

Diajukan untuk Melengkapi Tugas dan Memenuhi Salah Satu Syarat untuk

Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada Departemen Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH:

NURUL FHAIKA

H061 18 1309

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Disusun dan diajukan oleh:

NURUL FHAIKA

H061 18 1309

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Sarjana pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin

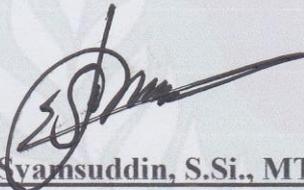
Pada tanggal 6 Desember 2022

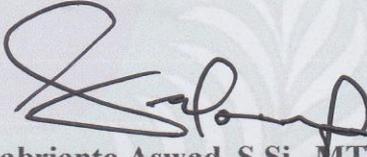
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,


Syamsuddin, S.Si., MT
NIP. 197401152002121001


Sabrianto Aswad, S.Si., MT
NIP. 197805242005011002

Ketua Departemen Geofisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin,



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Fhaika

NIM : H061 18 1309

Departemen : Geofisika

Judul Skripsi : **Implementasi Metode Geolistrik Resistivitas dalam Estimasi Potensi Keberadaan Akuifer pada Beberapa Titik Duga di Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau, Kabupaten Maros**

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk suatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya dimana pun, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai dengan kaidah yang telah berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan murni dari gagasan dan penelitian saya sendiri dan dalam batas tertentu dibantu oleh masukan dan arahan dari Tim Pembimbing dan Tim Penguji.

Makassar, 6 Desember 2022

Penulis,



NURUL FHAIKA
(H061181309)

SARI BACAAN

Kepadatan penduduk yang cenderung meningkat setiap tahun mempengaruhi kebutuhan air yang semakin besar. Selain itu, suplai air dari PDAM di Kabupaten Maros belum sepenuhnya terdistribusi dengan baik. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan solusi untuk mengatasi keterbatasan air dengan memanfaatkan lapisan yang potensial sebagai akuifer melalui pengeboran sumur. Estimasi potensi keberadaan akuifer di Kecamatan Lau dan Kecamatan Turikale telah dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 1-D pada beberapa titik duga dengan menggunakan konfigurasi *schlumberger*. Hasil inversi data resistivitas 1-D dikorelasikan dengan hasil inversi pada pengukuran resistivitas 2-D konfigurasi *wenner-schlumberger* serta data sumur yang tersebar di sekitar lokasi pengukuran dan keadaan geologi setempat. Hasil analisis dan interpretasi data geolistrik menunjukkan bahwa potensi keberadaan akuifer berada pada lapisan endapan aluvium dengan rentang nilai resistivitas 1,03 Ohm-meter – 25,8 Ohm-meter. Potensi akuifer dangkal berada pada rentang kedalaman 3,62 – 50 meter dan akuifer dalam yang diperkirakan pada kedalaman >50 meter ke bawah.

Kata Kunci: Akuifer, Tahanan Jenis, Maros, *IPI2Win*, *ResIPy*

ABSTRACT

Population density which tends to increase every year affects the increasing demand for water. In addition, the water supply from the PDAM in Maros Regency has not been fully distributed properly. Based on these conditions, a solution is needed to overcome water limitations by utilizing potential layers as aquifers through drilling wells. Estimation of the potential presence of aquifers in Lau District and Turikale District has been carried out using the 1-D resistivity geoelectric method at several estimating points using the Schlumberger configuration. The results of inversion of the 1-D resistivity data were correlated with the results of the inversion of the 2-D resistivity measurements of the Wenner-Schlumberger configuration as well as well data scattered around the measurement location and regional geological conditions. The results of the analysis and interpretation of geoelectrical data indicate that the potential for the existence of an aquifer is in a layer of alluvium deposits with a resistivity value range of 1.03 Ohm-meter – 25.8 Ohm-meter. The potential for shallow aquifers is in the depth range of 3.62 – 50 meters and deep aquifers are estimated at depths of >50 meters and below.

Keywords: *Aquifer, Resistivity, Maros, IPI2Win, ResIPy*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, tiada kata yang pantas terucap selain kata syukur kepada-Nya atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis senantiasa berada pada garis kesabaran, kekuatan, dan selalu dalam naungan keikhlasan dalam menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah, Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam* beserta keluarganya, para sahabatnya, dan para pengikutnya yang tetap istiqomah menjalankan sunahnya. Tidak ada daya dan upaya kecuali atas pertolongan Allah yang Maha Agung sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Implementasi Metode Geolistrik Resistivitas dalam Estimasi Potensi Keberadaan Akuifer pada Beberapa Titik Duga di Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau, Kabupaten Maros”** sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, serta sebagai cerminan sejauh mana penulis dapat mengaplikasikan ilmu yang didapatkan dari bangku kuliah. Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari berbagai keterbatasan penulis, tetapi berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun tentunya sangat diharapkan penulis untuk meningkatkan kualitas pada penulisan karya-karya selanjutnya. Seuntai kata sebagai bentuk terima kasih atas segala bantuan dari berbagai pihak merupakan ungkapan terindah yang dapat penulis sampaikan. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih yang tidak terhingga penulis sampaikan kepada keluarga besar, terkhusus kepada kedua orang tua penulis sebagai motivasi terbesar bagi penulis yaitu **Bapak Musjabir** dan **Ibu Nurhuda** serta Adik-adik penulis, **Nur Aliah Ramadhani** dan **M. Fadhil Khalid** yang senantiasa memberikan cinta kasih, doa, dan pengorbanan untuk penulis, semoga Allah menganugerahi dengan balasan yang terindah. Penulis juga ingin menyampaikan penghormatan dan rasa terima kasih yang tulus serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Syamsuddin, S.Si., M.T.** dan Bapak **Sabrianto Aswad, S.Si., M.T.** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktunya dan selalu memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, motivasi, solusi, serta dorongan kepada penulis dalam menghadapi dunia perkuliahan terkhusus dalam mendalami teori perkuliahan hingga tahap penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Muhammad Hamzah Syahrudin, S.Si., M.T.** dan Ibu **Makhrani, S.Si., M.Si.** selaku tim penguji yang telah memberikan ilmu, kritik, koreksi dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin** selaku Dekan Fakultas MIPA Unhas, dan Ibu **Prof. Dr. Syahribulan** selaku Wakil Dekan bidang Kemahasiswaan,

Alumni, dan Kemitraan yang telah membimbing dalam masalah akademik maupun organisasi.

4. Bapak **Dr. Eng. Muh. Alimuddin Hamzah Assegaf, M.Eng.** selaku Ketua Departemen Geofisika dan Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si.** selaku Sekretaris Departemen Geofisika yang telah banyak membantu dan memberikan nasihat serta motivasi kepada penulis.
5. Ibu **Dra. Maria, M.Si** selaku dosen penasihat akademik serta Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si., M.T.** yang telah membantu penulis terutama dalam persoalan akademik, memberikan masukan, bimbingan, dan motivasi untuk penulis selama menjalani masa perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu dosen-dosen pengajar yang telah membagikan ilmunya serta memberikan bimbingan selama perkuliahan serta Staf Pegawai yang telah banyak membantu penulis.
7. **Irmawati** dan **Wilda Wahyu Rahmadhani**, teman seperjuangan dalam mengerjakan skripsi, terima kasih karena sudah kebersamaan, membantu, dan memotivasi penulis.
8. **Prof. Andrew Binley** dan **Dr. Sina Saneiyen**, terima kasih atas ilmu dan masukan yang membantu penulis dalam mempelajari perangkat lunak yang digunakan selama proses pengolahan data untuk penyelesaian skripsi ini.
9. Kakak-kakak yang telah membantu penulis: Kak **Sulfian, S.Si.**, kak **Syahwan Tolleng, S.Si**, kak **Nur Hidayat Nurdin, S.Si., M.Si.**, dan kak **Ichsan Ashari Ahmad, S.Kel** terima kasih atas ilmu, masukan, dan pengalaman yang diberikan selama proses pengerjaan skripsi ini.

10. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Lapangan: **Wirawan, Heraldo, Rahmat, Haidir, William, Tazkia, Andry, Akbar, Wikal, Imran,** dan **Milka** karena telah membantu penulis dalam banyak hal terutama pada proses akuisisi data di lapangan.
11. Tim Kerja Praktik (**Asmiyeni dan Juni**), Pembimbing dan para pegawai di **PT Semen Bosowa Maros** yang telah memberikan bantuan, arahan, dan pengalaman berharga semasa penulis melakukan kerja praktik.
12. Teman-teman Laboratorium Geofisika Padat, Tim Asisten Kuliah Lapang Geofisika 2021, Tim Asisten Metode Geolistrik: Kak **Titien Haryani** dan **William Desmond Tonapa**. Terima kasih atas kebersamaan serta ilmu dan pengalaman yang berharga selama menghadapi dunia perkuliahan.
13. Saudara-saudara seperjuangan **Geofisika 18** terima kasih atas kebersamaan dan bantuannya selama ini.
14. **Murabbiyah, Mudarrisah,** dan **Saudari-saudariku** dari Halaqah Tarbiyah dan Tahsin, terima kasih atas ilmu, kebersamaan, dan rangkulan kepada penulis serta selalu menjadi pengingat bagi penulis.
15. Saudara-saudara **KM FMIPA Unhas**, khususnya **Himafi 2018** dan **HMGF FMIPA Unhas**, terima kasih atas kebersamaan yang luar biasa selama penulis menghadapi masa perkuliahan.
16. Saudara-saudara **SPE Hasanuddin University SC, SPE Balikpapan Section,** dan **Member SPE International** terkhusus kepada teman-teman pengurus dan staf kepengurusan 2021/2022 yang telah memberikan banyak pengalaman dan pelajaran berharga bagi penulis.

17. Teman-teman **MIPA 2018**, teman dalam melewati setiap jenjang proses di dunia kampus dan organisasi, terima kasih atas kebersamaannya.
18. Teman-teman **KKN Tematik Gelombang 107 Makassar 8 – Manggala** yang telah mewarnai masa pengabdian penulis selama proses KKN serta Bapak **Dr. Asri Usman, SE., M.Si.** yang telah membimbing dalam melaksanakan KKN.
19. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya bagi **Diri Penulis** sendiri karena telah berjuang dan memberikan usaha terbaik hingga pada tahap penyelesaian skripsi ini, semoga Allah senantiasa memberikan yang terbaik bagi dirimu di masa yang akan datang.

Demikian seuntai kata dari penulis yang tidak berhenti bersyukur dan mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat. Permohonan maaf yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan atas segala kekeliruan dalam penulisan skripsi ini. Penulis berharap, karya ini dapat bermanfaat sebaik-baiknya bagi sebanyak-banyaknya penuntut ilmu.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Makassar, 6 Desember 2022

Penulis,

Nurul Fhaika
(H061181309)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
SARI BACAAN	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Ruang Lingkup	4
I.3. Rumusan Masalah.....	4
I.4. Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1. Air Tanah dan Akuifer.....	5
II.1.1. Klasifikasi Akuifer	8
II.1.2. Sistem Akuifer dan Cadangan Air Tanah di Provinsi Sulawesi Selatan.....	9
II.2. Sifat Kelistrikan Batuan.....	11
II.2.1. Potensial Listrik	12

II.2.2. Konduktivitas Listrik	12
II.3. Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Resistivitas)	13
II.3.1. Potensial pada Bumi Homogen Isotropis	15
II.3.2. Potensial di Sekitar Titik Arus di Bawah Permukaan Bumi .	17
II.3.3. Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi	18
II.3.4. Potensial oleh Dua Sumber Arus di Permukaan Bumi	18
II.3.5. Konfigurasi <i>Schlumberger</i> dan <i>Wenner-Schlumberger</i>	20
II.4. Pemodelan Geofisika	21
II.4.1. Pemodelan ke Depan (<i>Forward Modeling</i>)	22
II.4.2. Pemodelan Inversi	22
II.5. Geologi Regional	24
II.6. Hubungan antara Geologi dengan Resistivitas Batuan	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
III.1. Data dan Lokasi Penelitian.....	28
III.2. Alat dan Bahan	29
III.2.1. Alat.....	29
III.2.2. Bahan	29
III.3. Metode Penelitian.....	30
III.3.1. Kajian Pustaka dan Survei Pendahuluan.....	30
III.3.2. Pengambilan Data	30
III.3.2.1. Pengambilan Data Geolistrik 1-D	30
III.3.2.2. Pengambilan Data Geolistrik 2-D	32
III.3.3. Pengolahan Data dan Analisis	32

III.3.3.1. Pengolahan Data Resistivitas 1-D	32
III.3.3.2. Pengolahan Data Resistivitas 2-D	33
III.3.4. Interpretasi	34
III.4. Bagan Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
IV.1. Hasil	36
IV.1.1. Hasil Inversi Data Resistivitas 1 Dimensi	36
IV.1.2. Hasil Inversi Data Resistivitas 2 Dimensi	39
IV.2. Pembahasan	40
IV.2.1. Analisis Data Resistivitas	40
IV.2.2. Korelasi Titik Duga 3 terhadap Penampang Resistivitas 2 Dimensi.....	48
IV.2.3. Perbandingan Potensi Akuifer antara Titik Duga	50
BAB V PENUTUP	52
V.1. Kesimpulan	52
V.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Formasi akuifer (Javaid dan Shaukat, 2018)	6
Gambar 2.2. (a) Akuifer bebas, (b) Akuifer tertekan, (c) Akuifer semi tertekan, (d) Akuifer menggantung	8
Gambar 2.3. Komponen Cekungan Air Tanah (Darwis, 2018)	10
Gambar 2.4. Peta Cekungan Air Tanah Sulawesi Selatan (PAMSIMAS, 2011) ..	11
Gambar 2.5. Sumber arus tunggal C1 dalam medium homogen seluruh ruang, pasangan sumber arus C2 dianggap terletak di tak hingga (Telford, dkk., 1990)	17
Gambar 2.6. Sumber arus tunggal C1 di permukaan medium homogen setengah ruang (<i>half-space</i>), sementara pasangan sumber arus C2 dianggap terletak di tak hingga (Telford, dkk., 1990)	18
Gambar 2.7. Ilustrasi dua elektroda arus dan potensial di permukaan bumi pada medium homogen isotropis (Telford, dkk., 1990)	19
Gambar 2.8. (a) Konfigurasi <i>Schlumberger</i> simetri dan (b) Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	20
Gambar 2.9. Peta geologi regional lokasi penelitian (Sukamto dan Supriatna, 1982)	25
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian	28
Gambar 3.2. Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4.1. Kurva hasil inversi Titik Duga 1	36
Gambar 4.2. Kurva hasil inversi Titik Duga 2	37
Gambar 4.3. Kurva hasil inversi Titik Duga 3	38

Gambar 4.4. Penampang hasil inversi lintasan L1-L1'	38
Gambar 4.5. Jenis lapisan pada Titik Duga 1	40
Gambar 4.6. Jenis lapisan pada Titik Duga 2	42
Gambar 4.7. Jenis lapisan pada Titik Duga 3	44
Gambar 4.8. Jenis lapisan pada pengukuran geolistrik dua dimensi (L1-L1') dengan orientasi Timur Laut (TL) – Barat Daya (BD)	46
Gambar 4.9. Korelasi T3 terhadap L1-L1'	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelompok batuan dan sistem akuifer di Provinsi Sulawesi Selatan (Pratiknyo, 2008).....	9
Tabel 2.2. Daftar Tahanan Jenis Beberapa Batuan dan Air (Telford, dkk., 1990)	27
Tabel 4.1. Identifikasi Kedalaman Akuifer Setiap Titik Duga	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Geolistrik	57
Lampiran 2 Tabel hasil pengamatan sumur masyarakat di sekitar lokasi titik duga	63
Lampiran 3 Alur pengolahan data <i>ResIPy</i>	64
Lampiran 4 Peta Cekungan Air Tanah Sulawesi Selatan	67
Lampiran 5 Peta geologi lokasi penelitian	68
Lampiran 6 Lokasi masing-masing pengukuran	69
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian	70

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang pemanfaatannya terus dimaksimalkan terutama untuk berbagai keperluan air domestik masyarakat. Air tanah yang dimaksud tersimpan dalam lapisan pembawa air yang disebut sebagai akuifer. Pemanfaatan air tanah untuk keperluan masyarakat salah satunya dapat dalam bentuk pembuatan sumur yang dapat difungsikan saat debit air berkurang khususnya jika musim kemarau tiba, kondisi ini tidak jauh berbeda dengan yang dialami oleh masyarakat di sejumlah wilayah Kabupaten Maros yang menjadi objek lokasi pada penelitian ini.

Potensi sumber daya air yang ada di Kabupaten Maros beberapa telah dimanfaatkan oleh masyarakat untuk berbagai keperluan. Sumber daya air tersebut bersumber dari air tanah dangkal, air permukaan, ataupun air tanah dalam. Namun, laju pertumbuhan masyarakat dan permukiman yang semakin tinggi tentu menuntut ketersediaan air yang lebih besar, disisi lain ketersediaan air dapat berkurang terutama pada saat musim kemarau tiba. Kondisi tersebut terjadi dan mempengaruhi berbagai sektor di Kabupaten Maros terutama di Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau yang berdasarkan informasi Badan Pusat Statistik Kabupaten Maros (2022) wilayah tersebut merupakan wilayah padat penduduk dengan masing-masing kepadatan penduduk sebesar $375/\text{km}^2$ dan $1.636/\text{km}^2$. Pada musim kemarau, risiko kekeringan sering terjadi yang salah satunya berdampak pada sejumlah lahan tanaman padi di wilayah tersebut terancam gagal panen akibat

kurangnya debit air. Selain itu, suplai air bersih dari PDAM di dua kecamatan tersebut belum sepenuhnya mencukupi kebutuhan air domestik masyarakat seperti untuk minum, memasak, dan mencuci. Untuk mengantisipasi kondisi tersebut, sebagian masyarakat memanfaatkan sumur tapi berupa sumur dangkal yang sebagian besar dipengaruhi oleh keberadaan air permukaan atau infiltrasi air hujan yang rawan tercemar dan memiliki persediaan air yang cukup terbatas. Sehingga, upaya penggalian sumur atau pengeboran terutama untuk keperluan sumur dalam perlu dilakukan untuk mendukung pemenuhan kebutuhan air di wilayah tersebut agar aktivitas masyarakat tetap berjalan dengan baik.

Identifikasi susunan lapisan bawah permukaan bumi sebagai upaya pencarian air tanah tidak dapat diamati secara langsung sehingga survei awal perlu dilakukan sebagai salah satu bagian yang cukup penting sebelum melakukan proses pengeboran atau penggalian sumur dengan tujuan untuk memperoleh gambaran keberadaan lapisan pembawa air (akuifer) beserta kedalaman dan ketebalannya di bawah permukaan bumi sehingga meminimalisir kegagalan jika dibandingkan dengan permukaan tanah yang langsung dilakukan pengeboran tanpa dilakukan survei awal terlebih dahulu. Salah satu metode geofisika yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah metode geolistrik resistivitas yang pada prinsipnya menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus kemudian mengukur beda potensial yang timbul dan diukur melalui elektroda potensial yang berada di permukaan bumi (Manrulu dan Nurfalaq, 2017).

Metode geolistrik telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian dalam upaya pengidentifikasian keberadaan akuifer terkhusus pada tahapan survei awal dalam pembuatan sumur. Eksplorasi potensi akuifer dengan metode geolistrik seiring berjalannya waktu dan semakin bertambahnya kebutuhan air terus dilakukan melalui berbagai penelitian yang diantaranya adalah penelitian dengan judul “Investigasi Zona Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Schlumberger* di Pantai Parangluhu Kecamatan Bontobahari, Kabupaten Bulukumba” (Wahyuni, dkk., 2018) yang telah mengidentifikasi potensi keberadaan lapisan akuifer dengan metode resistivitas 1-D di area pesisir pada kedalaman yang dangkal dan dalam dengan penetrasi kedalaman pendugaan hingga 64,9 meter. Penelitian di Kabupaten Maros dengan metode resistivitas 2-D juga telah dilakukan dalam penelitian lain dengan judul “Identifikasi Air Tanah Kawasan Cagar Purbakala Leang–Leang Kabupaten Maros dengan Metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*” (Okviyani, dkk., 2020) yang dilakukan di kawasan karst dan dapat mengidentifikasi keberadaan akuifer hingga pada kedalaman 50 meter.

Berdasarkan uraian yang tersebut di atas, maka dilakukan penelitian yang berjudul **“Implementasi Metode Geolistrik Resistivitas dalam Estimasi Potensi Keberadaan Akuifer pada Beberapa Titik Duga di Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau, Kabupaten Maros”** dengan tujuan sebagai tahapan survei awal yang dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan penggalian dan pengeboran sumur di lokasi penelitian.

I.2. Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan data primer berupa data geolistrik resistivitas dua dimensi (2-D) konfigurasi *wenner-schlumberger* dan data sekunder berupa data geolistrik resistivitas satu dimensi (1-D) konfigurasi *schlumberger* yang digunakan untuk mengetahui potensi keberadaan akuifer pada beberapa lokasi pengukuran di Kabupaten Maros yang dibatasi pada wilayah Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau. Pengolahan data geolistrik resistivitas dilakukan menggunakan perangkat lunak *IPI2Win* dan *ResIPy* dengan metode inversi. Interpretasi dari data geolistrik resistivitas dilakukan dengan menggunakan data pendukung berupa informasi geologi regional Kabupaten Maros dan data sumur di sekitar lokasi pengukuran.

I.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana jenis lapisan yang berpotensi sebagai akuifer berdasarkan data resistivitas di lokasi penelitian?
2. Berapa kedalaman dan ketebalan lapisan yang berpotensi sebagai akuifer di lokasi penelitian?

I.4. Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis lapisan yang berpotensi sebagai akuifer berdasarkan data resistivitas di lokasi penelitian.
2. Mengetahui kedalaman dan ketebalan lapisan yang berpotensi sebagai akuifer di lokasi penelitian.

BAB II

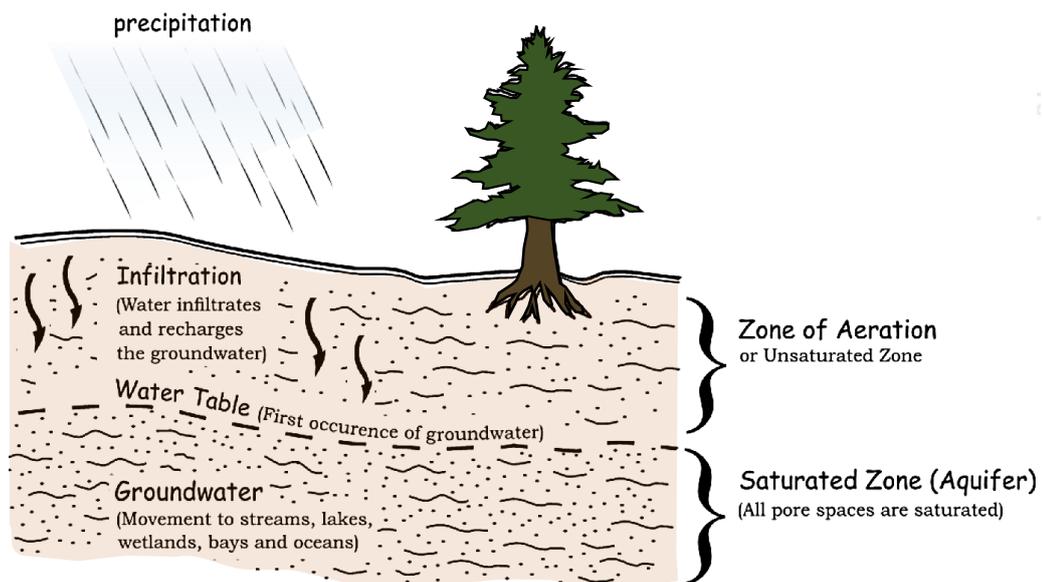
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Air Tanah dan Akuifer

Air tanah dapat didefinisikan sebagai air yang berasal dan berada pada suatu lapisan tanah (baik jenuh maupun tidak jenuh) yang tersimpan di pori-pori atau rekahan yang ditemukan dalam batuan dan formasi geologi lainnya. Air tanah (*soil water*) yang berada pada lapisan tanah yang tidak jenuh (*vadose zone / aeration zone / unsaturated zone*) dapat menjadi penunjang kehidupan vegetasi di permukaan, air ini berada dalam pori-pori dan partikel tanah dan atau batuan di bawah permukaan. Sedangkan air tanah dasar (*ground water*) yang terdapat pada ruang antara partikel tanah dan rekahan batuan di bawah permukaan tanah yang terletak pada lapisan tanah jenuh (*saturated zone*) dapat menjadi deposit di dalam lapisan tanah yang dapat keluar melalui mata air (*artesis*), atau tinggal dalam lapisan tanah sebagai air fosil (*fossil water*), pada zona ini sangat penting digunakan dalam studi geologi hingga pengembangan suplai air (Todd dan Mays, 2005).

Sumber air tanah dapat berkaitan dengan adanya limpasan air permukaan dan infiltrasi air hujan ke bawah permukaan. Susunan tekstur suatu lapisan baik yang tersusun rapat maupun renggang yang ditemukan di sebagian besar formasi geologi sangat mempengaruhi keberadaan dan kapasitas penyimpanan air di lapisan tersebut. Hal ini sangat berkaitan dengan permeabilitas dan porositas suatu lapisan. Permeabilitas adalah kemampuan suatu medium berpori untuk mengalirkan fluida. Porositas adalah ukuran celah atau rongga yang terdapat pada batuan yang dinyatakan sebagai rasio volume pori terhadap volume total (*bulk volume*) batuan.

Batuan atau formasi geologi dengan tekstur yang seragam atau tersusun rapat memiliki porositas yang tinggi tetapi permeabilitasnya lebih rendah sedangkan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang lebih tinggi cukup untuk menghasilkan air tanah dalam jumlah yang signifikan ke sumur dan mata air. Setiap formasi geologi dengan karakteristik tersebut dapat disebut sebagai Akuifer (*aqua* yang berarti air dan *ferre* yang berarti mengandung). Sehingga, akuifer dapat juga diartikan sebagai lapisan pembawa air atau lapisan permeabel. Formasi akuifer diilustrasikan oleh Gambar 2.1 dimana bagian atas zona saturasi disebut muka air tanah (*water table*). Akuifer dapat berfungsi sebagai reservoir yang dapat diisi air hujan yang mengalir hingga ke bawah permukaan (Javaid dan Shaukat, 2018).



Gambar 2.1. Formasi akuifer (Javaid dan Shaukat, 2018).

Berdasarkan Gambar 2.1, penyebaran air tanah di bawah permukaan tanah dapat dibagi dalam dua zona yaitu (Ryanto, 2019):

1. Zona jenuh (*saturated zone*), yaitu zona yang terdiri atas pori-pori yang terisi oleh air dimana pada zona ini mengandung air yang relatif tidak memiliki kontak

langsung dengan udara luar dan lapisan tanah di permukaan. Zona jenuh ini dibatasi oleh lapisan kedap air pada bagian atasnya dan pada bagian bawah dapat dibatasi oleh batuan dasar (*bedrock*).

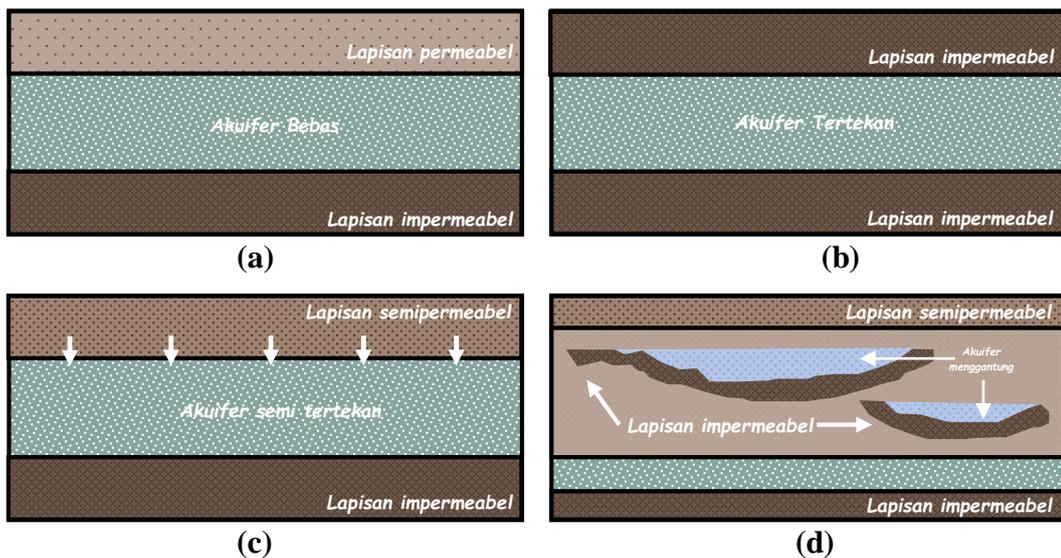
2. Zona tidak jenuh (*unsaturated zone*), yaitu zona terdiri atas pori-pori yang sebagian terdiri oleh air, dan sebagian lagi oleh udara. Zona tidak jenuh terletak di atas zona jenuh sampai ke permukaan tanah.

Air yang berada pada zona jenuh disebut air tanah dan yang berada pada zona tidak jenuh disebut air mengambang atau air dangkal. Per lapisan air tanah yang berkaitan dengan kemampuan lapisan tersebut dalam menyimpan dan mentransmisikan fluida dapat dibedakan atas empat jenis yaitu sebagai berikut (Ryanto, 2019):

1. *Aquifer*, merupakan lapisan tersaturasi dan bersifat permeabel yang dapat menyimpan dan mentransmisikan air dalam jumlah yang besar (ekonomis), contohnya lapisan kerikil, pasir, batupasir, batugamping rekahan.
2. *Aquiclude*, merupakan lapisan yang tersaturasi tapi relatif impermeabel yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mentransmisikan air dalam jumlah yang besar, contohnya lempung, tufa halus, serpih, dan lanau.
3. *Aquifuge*, merupakan lapisan yang relatif impermeabel yang tidak dapat menyimpan dan mentransmisikan air, contohnya batuan granit yang kompak
4. *Aquitard*, merupakan lapisan tersaturasi tapi dengan permeabilitas yang sangat buruk sehingga hanya dapat mentransmisikan air dengan jumlah yang sangat terbatas, contohnya seperti lempung pasiran.

II.1.1. Klasifikasi Akuifer

Secara umum, akuifer diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu akuifer tertekan dan akuifer bebas. Ryanto (2019) mengelompokkan akuifer berdasarkan susunan lapisan geologi (litologinya) dan besarnya koefisien transmisi air seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.2 dengan uraian sebagai berikut:



Gambar 2.2. (a) Akuifer bebas, (b) Akuifer tertekan, (c) Akuifer semi tertekan, dan (d) Akuifer menggantung.

1. Akuifer bebas (*Unconfined/phreatic aquifer*): memiliki satu lapisan pembatas impermeabel yang terletak di bagian bawah sehingga dengan kata lain muka air tanah merupakan bidang batas yang berada pada bagian atas dari zona jenuh.
2. Akuifer tertekan (*Confined/artesian/pressure aquifer*): memiliki lapisan atas dan bawah berupa lapisan impermeabel dimana pada lapisan ini tidak terdapat air yang mengalir (*no flux*), sehingga akuifer ini merupakan akuifer yang jenuh air.
3. Akuifer semi tertekan (*Semiconfined/leaky-artesian aquifer*): merupakan akuifer jenuh air dengan bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semipermeabel dan pada bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan impermeabel. Pada lapisan pembatas di

bagian atasnya dimungkinkan masih ada air yang mengalir ke akuifer tersebut sehingga biasa disebut dengan *leaky-artesian aquifer*.

4. Akuifer menggantung (*Perched aquifer*): merupakan akuifer dimana massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk yang dipisahkan oleh lapisan yang relatif impermeabel dan terletak di atas daerah jenuh air. Biasanya akuifer ini terletak di atas suatu lapisan formasi geologi yang impermeabel. Kadang-kadang lapisan bawahnya tidak murni kedap air namun berupa akuitar yang dapat memberikan distribusi air pada akuifer dibawahnya.

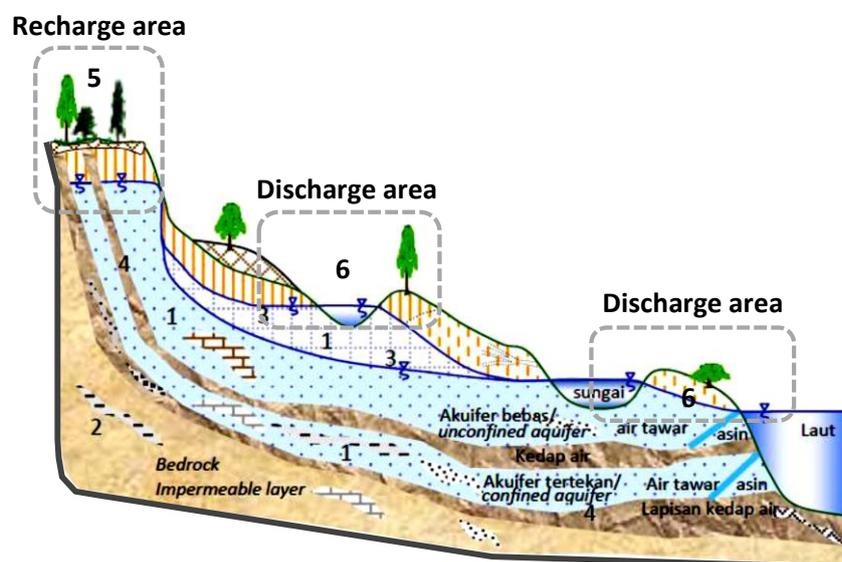
II.1.2. Sistem Akuifer dan Cekungan Air Tanah di Provinsi Sulawesi Selatan

Berdasarkan penelitian Pratiknyo (2008) yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 sistem akuifer yang ada di Sulawesi Selatan dikelompokkan atas akuifer dengan aliran air melalui ruang antar butir, melalui ruang antar butir dan celahan, melalui celahan dan rekahan, dan melalui celahan, rekahan dan saluran.

Tabel 2.1. Kelompok batuan dan sistem akuifer di Provinsi Sulawesi Selatan (Pratiknyo, 2008)

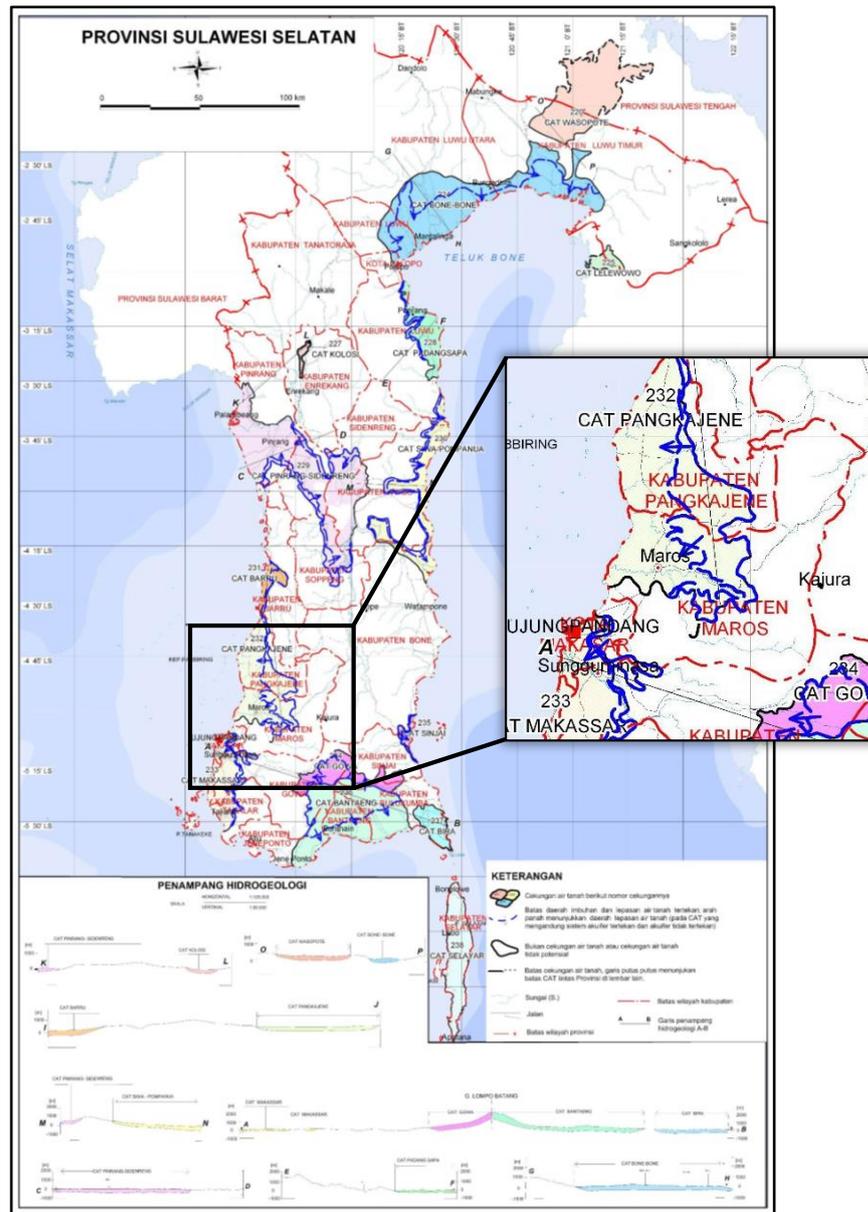
Kelompok Batuan	Sistem akuifer	Lokasi Penyebaran
Sedimen Lepas atau Setengah Padu	Akuifer dengan aliran air melalui ruang antar butir	Ujung Pandang, Maros, Sungguminasa, Takalar, Pangkajene, Pinrang, Polewali, Palopo, Tg. Lolaka.
Batuan Gunungapi Muda	Akuifer dengan aliran air melalui ruang antar butir dan celahan	Banang, Bulukumba, Bonosunggu.
Berbagai jenis Batugamping dan Dolomit	Akuifer dengan aliran air melalui celahan, rekahan dan saluran	Batangmata, P. Selayar, Pangkajene, Makale, Watampone, Bira.
Batuan Sedimen Padu dan Gunungapi Tua	Akuifer dengan aliran air melalui ruang antar butir dan celahan	P. Selayar, Sinjai, Watampone, Maros, Sungguminasa, Takalar, Pangkajene, Pinrang, Enrekang, Makale, Palopo, Majene, Polewali, Tj. Kolaka.
Batuan Beku atau Malihan	Akuifer dengan aliran air melalui celahan dan rekahan	Polewali, Pangkajene

Kawasan tempat pengaliran air tanah disebut Cekungan Air Tanah (*ground water basin*). Secara umum, Cekungan Air Tanah (CAT) didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis, seperti pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan Air Tanah berlangsung. Gambar 2.3 menunjukkan profil daerah CAT, terlihat keterpaduan antara daerah pengimbuhan (*recharge area*) dan daerah pelepasan (*discharge area*) dimana air tanah bergerak dari daerah pengimbuhan ke daerah pelepasan. Komponen Daerah CAT dapat terdiri atas: lapisan batuan permeabel, lapisan batuan impermeabel, batas pemisah air tanah, struktur geologi pembatas (kemiringan lapisan batuan, patahan, dan/atau lipatan), daerah imbuhan (*recharge area*), daerah lepasan (*discharge area*), akuifer bebas, dan akuifer tertekan (Darwis, 2018).



Gambar 2.3. Komponen Cekungan Air Tanah (Darwis, 2018)

Cekungan air tanah (CAT) di Provinsi Sulawesi Selatan yang potensial tidak menempati semua wilayah. Cekungan air tanah yang potensial terdapat pada beberapa wilayah yang diilustrasikan pada Gambar 2.4 (Pratiknyo, 2008).



Gambar 2.4. Peta Cekungan Air Tanah Sulawesi Selatan (PAMSIMAS, 2011)

II.2. Sifat Kelistrikan Batuan

Setiap batuan memiliki sifat kelistrikan yang menunjukkan karakteristik dari batuan apabila dialiri oleh arus listrik baik yang berasal dari alam maupun yang sengaja diinjeksikan ke bawah permukaan bumi. Sifat-sifat kelistrikan batuan tersebut beberapa diantaranya adalah potensial listrik dan konduktivitas listrik yang diuraikan sebagai berikut (Telford, dkk., 1990).

II.2.1. Potensial Listrik

Potensial listrik alam atau potensial diri (*spontaneous potential*) merupakan potensial yang terjadi karena adanya aktivitas elektrokimia atau mekanik yang dalam hal ini air tanah menjadi faktor pengontrol. Potensial alam dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu (Telford, dkk., 1990):

1. Potensial elektrokinetik (potensial *streaming*): potensial yang timbul apabila suatu larutan bergerak melalui medium berpori atau kapiler.
2. Potensial difusi: potensial yang disebabkan oleh adanya perbedaan mobilitas ion yang bervariasi dalam larutan dengan konsentrasi yang berbeda.
3. Potensial *Nernst*: apabila dua elektroda yang sama dimasukkan ke dalam larutan homogen sehingga tidak terjadi beda potensial diantaranya kecuali larutan tersebut memiliki perbedaan konsentrasi pada kedua elektroda.
4. Potensial mineralisasi: potensial yang timbul bila dua elektroda berbeda dimasukkan ke dalam larutan homogen sehingga timbul beda potensial di antara keduanya.

II.2.2. Konduktivitas Listrik

Arus listrik yang mengalir dalam suatu batuan dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu (Telford, dkk., 1990):

1. Konduksi elektronik (ohmik): merupakan tipe normal dari aliran arus listrik dalam batuan/mineral. Hal ini terjadi jika batuan tersebut mempunyai banyak elektron bebas. Akibatnya arus listrik mudah mengalir dalam batuan.
2. Konduksi Elektrolitik: banyak terjadi pada batuan/mineral yang bersifat porous dan pada porinya berisi larutan seperti air. Arus listrik mengalir karena dibawa

oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi dengan cara ini lebih lambat dari pada konduksi elektronik.

3. Konduksi dielektrik: terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik dimana batuan tersebut mempunyai elektron bebas yang sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Namun, karena adanya pengaruh dari medan listrik eksternal, maka elektron dalam atom dipaksa untuk berpindah dan berkumpul berpisah dengan intinya sehingga terjadi polarisasi dimana peristiwa ini sangat tergantung pada konduktivitas material.

Berdasarkan nilai resistivitasnya, batuan atau mineral digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Konduktor baik : $(10^{-8} < \rho < 1)\Omega\text{m}$
2. Semi konduktor : $(1 < \rho < 10^7)\Omega\text{m}$
3. Isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

II.3. Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Resistivitas)

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan arus searah atau arus bolak-balik frekuensi rendah untuk menyelidiki sifat listrik dari bawah permukaan (*subsurface*). Dua sifat yang menjadi fokus utama dalam penerapan metode geolistrik yaitu (Al-Amri, 2018):

1. Kemampuan Batuan untuk menghantarkan arus listrik.
2. Polarisasi yang terjadi ketika arus listrik melewatinya (IP).

Berdasarkan parameter fisis yang diukur, metode geolistrik terdiri atas metode geolistrik resistivitas, metode geolistrik potensial diri, dan metode geolistrik induksi polarisasi. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas yaitu metode

yang dilakukan dengan mengukur beda potensial setelah menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah. Pengukuran geolistrik resistivitas secara umum menggunakan 4 elektroda yaitu 2 elektroda sebagai penginjeksi arus dan 2 elektroda lainnya bekerja sebagai pengukur beda potensial. Pengukuran resistivitas di metode ini terdapat berbagai jenis konfigurasi perpindahan elektroda berdasarkan peletakan posisi elektroda. Beberapa konfigurasi yang sering digunakan antara lain konfigurasi *Schlumberger*, *Wenner*, dan *dipole-dipole* (Faris, dkk., 2019).

Pada pengukuran dengan metode geolistrik resistivitas diperoleh data berupa nilai beda potensial dan nilai kuat arus, serta nilai resistivitas semu untuk setiap spasi elektroda yang dibentang. Dalam pendugaan resistivitas, digunakan asumsi-asumsi sebagai berikut (Alqadri, 2021).

- Bawah permukaan bumi terdiri dari lapisan dengan ketebalan tertentu, pada lapisan terbawah dapat dianggap mempunyai ketebalan yang tidak berhingga.
- Bidang batas antar lapisan adalah horizontal
- Setiap lapisan dianggap homogen isotropis, dimana nilai ρ dianggap tidak bergantung pada sumbu koordinat.

Berdasarkan pada tujuan penyelidikannya, metode geolistrik resistivitas dapat dibagi menjadi tiga yaitu metode *sounding/drilling* (*vertical electrical sounding*) bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas bawah permukaan secara vertikal, metode *mapping* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas bawah permukaan secara horizontal membentuk dua dimensi dari kumpulan data *sounding*, dan metode *profiling* yang bertujuan menggambarkan dua dimensi secara vertikal yang datanya diambil secara lateral dan vertikal (Syamsuddin, dkk., 2021).

II.3.1. Potensial pada Bumi Homogen Isotropis

Hukum Ohm adalah konsep dasar dari Metoda Geolistrik yang pertama kali dicetuskan oleh ilmuwan Jerman bernama George Simon Ohm (1787-1854) yang menyatakan bahwa beda potensial yang timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir pada medium tersebut. Selain itu, tahanan listrik berbanding lurus dengan panjang medium dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Formulasi dari kedua pernyataan Ohm tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (Syukri, 2020):

$$V \propto I \text{ atau } V = I \cdot R \quad (2.1)$$

$$R \propto \frac{L}{A} \text{ atau } R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Dimana V merupakan potensial yang timbul (Volt), I adalah kuat arus (Ampere), R adalah resistansi (Ohm), ρ adalah resistivitas (Ohm-meter atau Ωm), L adalah panjang penampang (m), dan A adalah luas penampang (m^2). Arus listrik yang mengalir diasumsikan melalui medium yang bersifat homogen isotropis. Bila $d\vec{A}$ adalah elemen luas permukaan dan \vec{J} adalah rapat arus, maka arus yang melalui $d\vec{A}$ adalah $I = \vec{J} \cdot d\vec{A}$. Hubungan kerapatan arus \vec{J} dan medan listrik \vec{E} berdasarkan hukum Ohm adalah (Telford, dkk., 1990):

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (2.3)$$

Dimana \vec{E} dalam volt/meter dan σ adalah konduktivitas medium dalam satuan siemens/meter yang merupakan kebalikan dari resistivitas. Medan listrik

merupakan gradien dari potensial ($\vec{E} = -\nabla V$) sehingga persamaan (2.3) menjadi persamaan (2.4):

$$\vec{J} = -\sigma \nabla V \quad (2.4)$$

Jika arus yang mengalir stasioner sehingga tidak ada arus yang keluar masuk, maka $\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0$ sehingga diperoleh:

$$\vec{\nabla} \cdot (\sigma \vec{\nabla} V) = \vec{\nabla} \sigma \cdot \vec{\nabla} V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (2.5)$$

Jika medium homogen isotropis maka σ adalah konstan, maka suku pertama dapat diabaikan, sehingga diperoleh persamaan Laplace dengan potensial yang bersifat harmonik ditunjukkan pada persamaan (2.6)

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) merupakan persamaan dasar teori geolistrik tahanan jenis sehingga pada distribusi arus listrik searah dalam medium homogen memenuhi persamaan Laplace yang dalam koordinat bola dapat diuraikan sebagai

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (2.7)$$

Bumi diasumsikan homogen isotropis sehingga mempunyai simetri bola, akibatnya potensial hanya bergantung pada r sehingga persamaan (2.7) menjadi:

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.8)$$

Dilakukan integrasi sebanyak dua kali terhadap persamaan (2.8) dan diperoleh persamaan (2.9)

$$V(r) = -\frac{P}{r} + Q \quad (2.9)$$

Dengan P dan Q merupakan suatu konstanta, $V = 0$ jika $r \rightarrow \infty$ sehingga $Q = 0$ dan persamaan (2.9) menjadi:

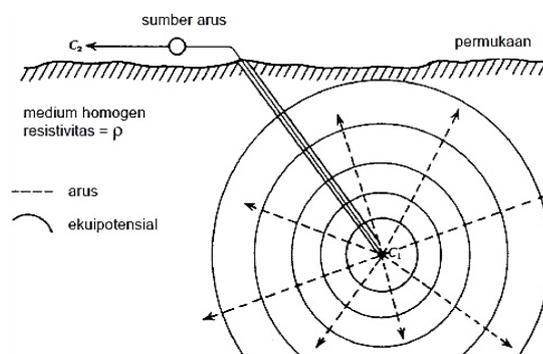
$$V(r) = -\frac{P}{r} \quad (2.10)$$

II.3.2. Potensial di Sekitar Titik Arus di Bawah Permukaan Bumi

Sumber arus jika diletakkan di bawah permukaan bumi dengan asumsi bersifat homogen isotropis sehingga arus merambat ke segala arah dan menimbulkan ekuipotensial berbentuk bola (luas permukaan bola = $4\pi r^2$) sehingga potensialnya dapat dinyatakan sebagai (Telford, dkk., 1990):

$$V(r) = \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right)\frac{1}{r} \text{ atau } \rho = 4\pi r \frac{V}{I} \quad (2.11)$$

Berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa permukaan ekuipotensial yaitu permukaan dengan potensial yang sama, membentuk permukaan bola konsentris dengan titik pusat terletak pada sumber arus. Dari titik tersebut kemudian mengalir arus listrik disegala arah secara homogen, dan membentuk lintasan tegak lurus terhadap permukaan ekuipotensial dimana r sama dengan konstanta, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.5.



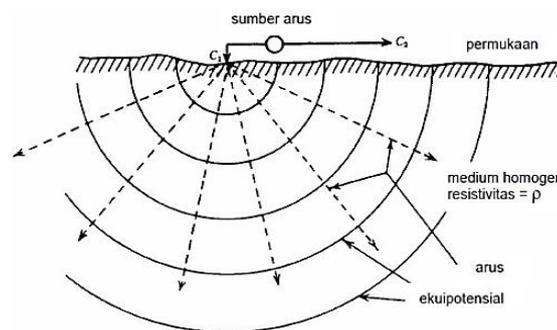
Gambar 2.5. Sumber arus tunggal C_1 dalam medium homogen seluruh ruang, pasangan sumber arus C_2 dianggap terletak di tak hingga (Telford, dkk., 1990).

II.3.3. Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi

Jika sumber arus terletak di permukaan medium homogen yang membentuk medium setengah ruang/setengah bola (*half-space*) dengan setengah ruang lainnya adalah di udara ($\sigma \text{ udara} = 0$) maka potensial pada persamaan 2.11 berubah menjadi persamaan (Telford, dkk., 1990):

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r} \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.12)$$

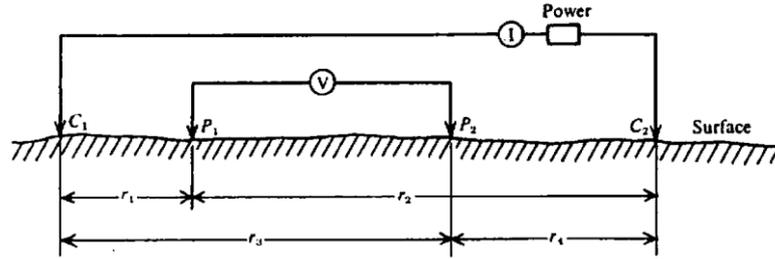
Dimana faktor 4π menjadi 2π disebabkan oleh distribusi arus yang hanya membentuk setengah bola di bawah permukaan seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Sumber arus tunggal C1 di permukaan medium homogen setengah ruang (*half-space*), sementara pasangan sumber arus C2 dianggap terletak di tak hingga (Telford, dkk., 1990).

II.3.4. Potensial oleh Dua Sumber Arus di Permukaan Bumi

Potensial listrik oleh dua sumber arus di dalam bumi ketika jarak antara dua elektroda arus telah ditentukan terlihat seperti pada Gambar 2.7. Model tersebut menampilkan P_1 dan P_2 merupakan elektroda potensial dan C_1 dan C_2 merupakan elektroda arus. Untuk r_1 , r_2 , r_3 dan r_4 merupakan jarak antara elektroda yang terpasang.



Gambar 2.7. Ilustrasi dua elektroda arus dan potensial di permukaan bumi pada medium homogen isotropis (Telford, dkk., 1990)

Mengacu pada persamaan (2.12), potensial total masing-masing di titik P₁ dan P₂ akibat sumber arus C₁ dan C₂ yaitu:

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{ dan } V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.13)$$

Sehingga beda potensial antara titik P₁ dan P₂ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.14)$$

Berdasarkan persamaan 2.14 diperoleh persamaan resistivitas pada sumber arus ganda yaitu:

$$\rho = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.15)$$

Rumus $\frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]}$ dapat dituliskan sebagai K yang disebut sebagai faktor geometri sehingga diperoleh persamaan:

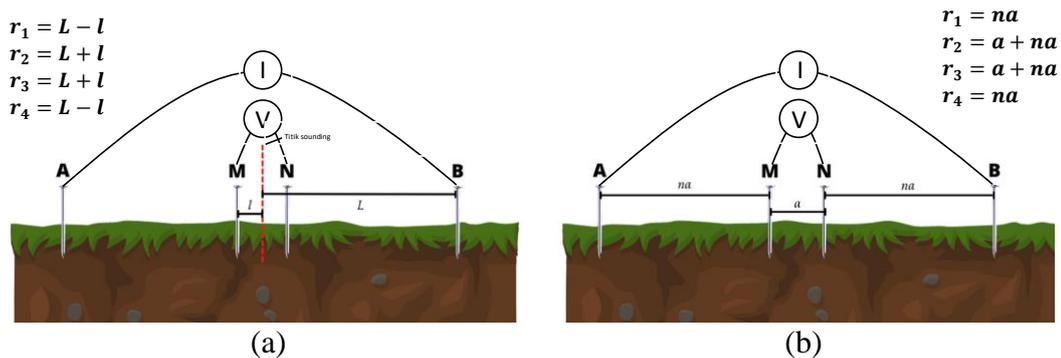
$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.16)$$

Ketika mengeksplorasi bawah permukaan dimana tidak diketahui secara pasti jenis material di bawahnya maka digunakan persamaan (2.16) untuk tanah homogen

sehingga nilai resistivitas tidak akan tetap konstan. Nilai antara antara lapisan 1 dan 2 akan terjadi. Nilai-nilai antara ini disebut resistivitas semu (ρ_a), yang sebenarnya tidak ada di bawah tanah. Oleh karena itu, resistivitas semu ini harus didefinisikan sebagai fungsi dari jarak elektroda sehingga disini sangat berperan faktor geometri atau K (Flathe dan Leibold, 1976).

II.3.5. Konfigurasi Schlumberger dan Wenner-Schlumberger

Penelitian ini menggunakan dua jenis konfigurasi diantaranya konfigurasi *schlumberger* dan *wenner-schlumberger*, susunan elektroda kedua konfigurasi ini dapat diilustrasikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. (a) Konfigurasi *Schlumberger* simetri dan (b) Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Konfigurasi *schlumberger* memiliki jarak antara elektroda potensial (MN) yang diletakkan di tengah dengan jarak yang selalu lebih kecil dibandingkan dengan jarak antara elektroda arus (AB) yang terus bergerak ke arah berlawanan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.8 (a). Tidak seperti halnya pada konfigurasi *wenner*, pada konfigurasi *Schlumberger* elektroda potensial relatif jarang dirubah, meskipun jarak elektroda arus selalu di ubah-ubah. Hasilnya sering disajikan sebagai plot dari logaritma resistivitas semu terhadap logaritma $AB/2$. Konfigurasi ini

sering digunakan dalam survei geolistrik untuk metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan efektif untuk penyelidikan yang dalam (Al-Khafaji, 2021).

Faktor geometri (K) untuk konfigurasi *schlumberger* dapat dituliskan dengan persamaan (2.17)

$$K = \pi \frac{(L^2 - l^2)}{2l} \quad (2.17)$$

Konfigurasi *wenner-schlumberger* merupakan perpaduan dari konfigurasi *wenner* dan *schlumberger*. Faktor n untuk konfigurasi ini merupakan rasio jarak antara elektroda A-M (atau N-B) dengan jarak antara pasangan potensial M-N seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.8 (b). Konfigurasi ini cukup sensitif terhadap struktur horizontal (untuk nilai "n" rendah) dan vertikal (untuk nilai "n" tinggi) dibandingkan konfigurasi *wenner*. Faktor geometri (K) untuk konfigurasi *wenner-schlumberger* dapat dituliskan dengan persamaan berikut (Loke, 2000):

$$K = \pi a(n + n^2) \quad (2.18)$$

II.4. Pemodelan Geofisika

Pengukuran dengan menerapkan metode geofisika yang dilakukan di permukaan bumi bertujuan untuk mengetahui perkiraan kondisi di bawah permukaan bumi. Pemodelan dalam geofisika dapat dibedakan atas pemodelan ke depan (*forward modeling*) dan pemodelan inversi (*inverse modeling*). Pemodelan ke depan merupakan proses perhitungan data jika diketahui nilai parameter model bawah permukaan tertentu. Sedangkan pemodelan inversi merupakan proses untuk memperoleh parameter model berdasarkan data pengamatan (Grandis, 2009).

II.4.1. Pemodelan ke Depan (*Forward Modeling*)

Pada pemodelan geolistrik 1-D model bumi dianggap berlapis horizontal sehingga resistivitas hanya bervariasi terhadap kedalaman. Fungsi pemodelan kedepan pada metoda geolistrik dengan model 1-D diberikan oleh Integral Stefanescu dalam bentuk persamaan (2.19) (Binley, 2015):

$$\rho_a \left(\frac{AB}{2} \right) = \left(\frac{AB}{2} \right)^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1 \left(\lambda \left(\frac{AB}{2} \right) \right) \lambda d\lambda \quad (2.19)$$

Dimana J_1 adalah Fungsi Bessel orde satu dan Fungsi Kernel $T(\lambda)$ yang merupakan fungsi ketebalan dan resistivitas lapisan yang diberikan, serta λ sebagai variabel integral.

Jika distribusi resistivitas dianggap 2-D ($x-z$), maka formulasinya dapat dituliskan dalam persamaan (2.20).

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial v}{\partial z} \right) - \frac{vk^2}{\rho} = -\frac{1}{2} \delta(x) \delta(z) \quad (2.20)$$

II.4.2. Pemodelan Inversi

Pemodelan inversi untuk geolistrik 1-D dimana data dinyatakan sebagai $d = [\rho_a^i]$ yaitu resistivitas semu dengan $i = 1, 2, \dots, N$, dan N merupakan jumlah data sesuai variable bebas yaitu $AB/2$. Model resistivitas bawah permukaan 1-D didefinisikan sebagai $m = [\rho_a h_k]$ dimana $k = 1, 2, 3, \dots, n$, dimana jumlah parameter model dinyatakan dengan $M = 2n-1$ karena pada model 1-D dengan lapisan n lapisan terdapat harga resistivitas n , serta $n-1$ yang merupakan ketebalan lapisan (untuk lapisan terakhir dianggap memiliki ketebalan tak hingga). Pemodelan inversi data

geolistrik 1-D dilakukan dengan inversi non-linier dengan pendekatan linier. Untuk memperoleh nilai selisih yang minimum dari parameter model awal yang dimasukkan maka digunakan metode *Singular Value Decomposition* (SVD) pada *Damped Least Square* dimana solusi persamaan yang dihasilkan seperti pada persamaan (2.21)

$$\Delta m = (a^T a + \varepsilon^2 I)^{-1} a^T \Delta d \quad (2.21)$$

Dimana Δm merupakan parameter vektor koreksi, Δd merupakan data vektor perbedaan data, a adalah matriks Jacobian, I adalah matriks identitas dan ε adalah faktor peredam (Ekinci dan Alper, 2008).

Kebanyakan pemodelan inversi geolistrik khususnya untuk data 2-D didasarkan pada *least-square fit* antara data dan parameter model. Ketidakcocokan model terhadap data dapat dinyatakan sebagai (Binley, 2015):

$$\Phi_d = (d - F(m))^T W_d^T W_d (d - F(m)) \quad (2.22)$$

Dimana d adalah data, $F(m)$ adalah himpunan forward model yang ekuivalen dengan parameter m , dan W_d adalah matriks bobot data. Untuk masalah resistivitas 1-D, m diberikan oleh satu set resistivitas dan ketebalan lapisan terkait; untuk masalah pencitraan resistivitas 2-D, m adalah satu set resistivitas dalam grid 2-D (*mesh*). Untuk pemodelan 2-D digunakan regularisasi Tikhonov yang solusinya dibatasi oleh persamaan (2.23) dimana R merupakan matriks kekasaran (*roughness*).

$$\Phi_m = m^T R m \quad (2.23)$$

Persamaan (2.23) diminimalisasi sehingga diperoleh persamaan (2.24) dengan α merupakan faktor pengontrol *smoothing*.

$$\Phi_{total} = \Phi_d + \alpha\Phi_m \quad (2.24)$$

Pemodelan 2-D menerapkan Inversi *Occam* yaitu penyelesaian permasalahan non-linear dengan pendekatan linear. Inversi tersebut sebisa mungkin memenuhi persamaan (2.24) dimana Φ_m dapat diselesaikan dengan Φ_d yang mendekati Φ_d^* (target misfit) sehingga untuk optimisasi tersebut digunakan *Lagrange Multiplier* (μ) yang ekuivalen dengan $1/\alpha$ dan diperoleh persamaan (2.25).

$$\Phi_{total} = \Phi_m + \mu(\Phi_d - \Phi_d^*) \quad (2.25)$$

Kemudian dilakukan pendekatan *Gauss-Newton* yang menghasilkan solusi iteratif pada persamaan (2.26) (Binley, 2015)

$$(J^T W_d^T W_d J + \alpha R) \Delta m = J^T W_d^T (d - F(m_k)) - \alpha R m_k \quad (2.26)$$

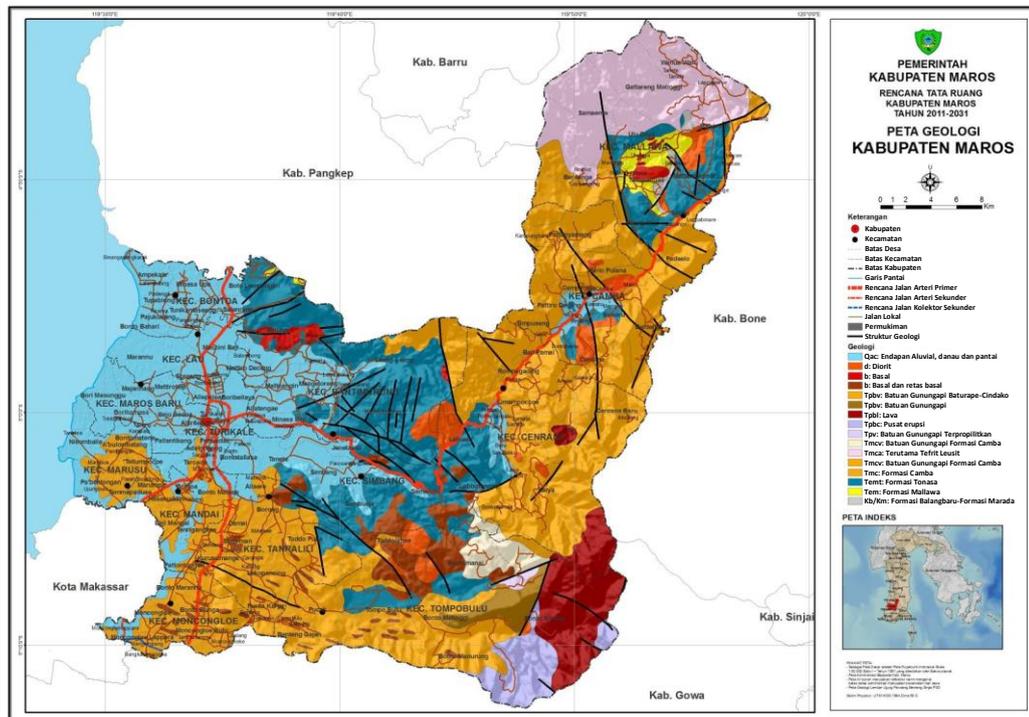
$$m_{k+1} = m_k + \Delta m$$

Dimana J adalah matriks *Jacobian* yang diberikan oleh $J_{i,j} = \frac{\partial d_i}{\partial m_j}$; m_k adalah parameter pada iterasi k dan Δm adalah parameter pembaruan pada setiap iterasi k .

II.5. Geologi Regional

Geologi regional Kabupaten Maros pada Gambar 2.9 secara umum termasuk dalam Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai serta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat. Lokasi penelitian berada pada bagian

barat Kabupaten Maros yang wilayahnya termasuk dalam Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat.



Gambar 2.9. Peta geologi regional lokasi penelitian (Kabupaten Maros) (KLHS Kabupaten Maros, 2011).

Secara umum, geologi regional Kabupaten Maros dideskripsikan dalam beberapa poin berikut ini (Taslim, 2014):

- Formasi Tonasa (Temt) yang terdiri atas batugamping. Formasi ini memiliki ketebalan tidak kurang dari 1750 m, menindih batuan Gunungapi Terpropilitkan (Tpv) dan ditindih oleh Formasi Camba (Tmc); di beberapa tempat diterobos oleh retas, sil dan stok bersusunan basal dan diorit.
- Formasi Camba (Tmc) terdiri atas batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa, batupasir dan batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat dan breksi gunungapi, dan batubara dengan ketebalan antara 4 cm dan 100 cm.

- Batuan Gunungapi Formasi Camba (Tmcv) yang terdiri atas 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.
- Batuan Gunungapi Baturape-Cindako (Tpbv) terdiri atas lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat serta bersusunan basal
- Batuan Gunungapi Terpropilitkan (Tpv) terdiri atas breksi, lava dan tufa, mengandung lebih banyak tufa di bagian atasnya dan lebih banyak lava di bagian bawahnya, bersisipan serpih dan batugamping di bagian atasnya.
- Terobosan diorit (d) kebanyakan berupa stok dan sebagian retas atau sil; singkapannya ditemukan di sebelah timur Maros, menerobos batugamping Formasi Tonasa (Temt).
- Basalt (b) merupakan terobosan basalt berupa sil, stok dan retas.
- Formasi Mallawa (Tem) merupakan batu pasir, konglomerat, batulempung, dan batubara
- Formasi Balangbaru-Formasi Marada (Kb/Km) terdiri atas batuan sedimen flis berupa batupasir berselingan dengan batu lanau, batu lempung dan serpih.
- Endapan Aluvium, Rawa dan Pantai (Qac) terdiri atas kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral; terbentuk dalam lingkungan sungai, rawa, pantai dan delta.

Lokasi penelitian yang berada di wilayah Kabupaten Maros bagian barat termasuk dalam satuan pedataran aluvium, ini meliputi wilayah penelitian yaitu Kecamatan Turikale dan Kecamatan Lau yang berbatasan dengan Selat Makassar sehingga

dicirikan dengan topografi yang cenderung datar, didominasi oleh endapan aluvium (Qac) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.9.

II.6. Hubungan antara Geologi dan Resistivitas Batuan

Pengukuran dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas dapat memberikan gambaran distribusi resistivitas bawah permukaan. Bagaimanapun nilai dari beberapa jenis batuan biasanya *overlap* seperti terlihat pada Tabel 2.2. Hal ini disebabkan karena resistivitas dari batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, porositas batuan, derajat saturasi dan konsentrasi fluida yang terlarut.

Tabel 2.2 Tahanan Jenis Beberapa Mineral, Batuan, dan Air (Telford, 1990)

Material	Resistivitas (Ωm)	Material	Resistivitas (Ωm)
Udara (<i>Air</i>)	~	Batuserpah (<i>Shales</i>)	$20 - 2 \times 10^3$
Kuarsa (<i>Quartz</i>)	$10 - 2 \times 10^8$	Tufa (<i>Tuff</i>)	$2 \times 10^3 - 10^5$
Granit (<i>Granite</i>)	200-10000	Lempung (<i>Clay</i>)	1-100
Andesit (<i>Andesite</i>)	$1,7 \times 10^2 - 4,5 \times 10^4$	Air permukaan (Sedimen), Air tanah (<i>Soil water</i>)	10 - 100
Basal (<i>Basalt</i>)	$10 - 1,3 \times 10^7$	Air laut (<i>Sea Water</i>)	0.2
Batugamping (<i>Limestone</i>)	$50 - 10^7$	Kerikil kering (<i>Dry gravel</i>)	$6 \times 10^2 - 10^5$
Batupasir (<i>Sandstone</i>)	$1 - 6,4 \times 10^8$	Aluvium (<i>Alluvium</i>)	$10 - 8 \times 10^2$