Skripsi Geofisika

IDENTIFIKASI POTENSI KETERSEDIAAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI SCHLUMBERGER UNTUK INTENSIFIKASI PERTANIAN DI KABUPATEN MAROS

OLEH:

IRMAWATI

H061181011

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

Identifikasi Potensi Ketersediaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Untuk Intensifikasi Pertanian Di Kabupaten Maros

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin

OLEH:

IRMAWATI
H061181011

DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

HALAMAN PENGESAHAN

Identifikasi Potensi Ketersediaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Untuk Intensifikasi Pertanian Di Kabupaten Maros

Disusun dan Diajukan Oleh:

IRMAWATI
H061181011

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

Pada 6 Desember 2022
Dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
Menyetujui,

Pembimbing Utama	Pembimbing Pertama
Syamsuddin,S.Si. MT	**Dr.Erfan, M.Si**
NIP. 197401152002121001	**NIP. 196709032001121001**

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

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama	:	Irmawati
NIM	:	H061181011
Departemen	:	Geofisika
Judul Skripsi	:	Identifikasi Potensi Ketersediaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Untuk Intensifikasi Pertanian Di Kabupaten Maros

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan dari Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 6 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,

Irmawati

ABSTRAK

Informasi potensi ketersediaan air tanah merupakan salah satu acuan yang sangat penting dalam pengelolaan air pada lahan kering khususnya pada bidang pertanian. Aspek penting dalam mencari potensi ketersediaan air tanah dapat dilihat dari kondisi litologi bawah permukaan dan model profil 1D dari data nilai resistivitas, kedalaman dan ketebalan serta jenis akuifer yang dimiliki. Metode yang digunakan yaitu metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *schlumberger.* Prinsip kerja dari metode ini yaitu dengan cara menginjeksi arus di listrik ke dalam tanah melalui sepasang elektroda arus dan mengukur beda potensial pada sepasang elekroda potensial. Pada penelitian ini, pengukuran tahanan jenis dilakukan pada 5 titik dengan panjang bentangan masing – masing 500 m. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software Ipi2win*. Litologi yang diperoleh dari hasil penelitian ini ada lima lapis, terutama pada pengukuran titik 1. Dua di antaranya diduga memiliki potensi ketersediaan air tanah, pertama pada kedalaman 0.28 hingga 10.3 m dengan tebal 10.02 m dan kedua pada kedalaman 19.7 sampai 37.6 m dengan tebal 17.9 m. Akuifer pertama diinterpretasikan sebagai akuifer bebas dan yang kedua sebagai akuifer tertekan. Sementara 4 titik pengukuran yang lain, hanya memiliki tiga lapisan litologi. Satu diantaranya yaitu lapisan ke-2 merupakan lapisan akuifer dengan kedalaman dan ketebalan yang berbeda – beda. Pada pengukuran titik 2, potensi ketersediaan air tanah diperkirakan berada pada kedalaman 2.74 m sampai 55.8 m dengan ketebalan 53.06 m. Di pengukuran titik 3, akuifer diperkirakan berada pada kedalaman 2.33 m hingga 64.4 m dengan tebal 62.07 m. Sedangkan pada pengukuran titik 4, lapisan kedua diinterpretasikan sebagai akuifer dengan 2.33 sampai 125 m di bawah permukaan yang memiliki ketebalan akuifer 122.67 m. Selanjutnya pada pengukuran titik 5, lapisan akuifer teridentifikasi pada kedalaman 2.15 m hingga 46.7 m yang dikategorikan sebagai akuifer bebas karena lapisan penutupnya permeabel

Kata Kunci: Air Tanah, Resistivitas Tahanan Jenis, Litologi Batuan, Kabupaten Maros

ABSTRACT

Information on the potential availability of groundwater is one of the most important references in water management on dry land, especially in agriculture. An important aspect in finding potential groundwater availability can be seen from the subsurface lithological conditions and 1D profile models of resistivity, depth and thickness values and the type of aquifer owned. The method used is the geoelectric method of the schlumberger configuration type *resistance.* The working principle of this method is by injecting current in electricity into the ground through a pair of current electrodes and measuring the potential difference in a pair of potential electodes. In this study, measurements of type resistance were carried out at 5 points with a span length of 500 m each. Data processing is carried out using *Ipi2win software*. The lithology obtained from the results of this study has five layers, especially on the measurement of point 1. Two of them are thought to have potential groundwater availability, first at a depth of 0.28 to 10.3 m with a thickness of 10.02 m and second at a depth of 19.7 to 37.6 m with a thickness of 17.9 m. The first aquifer is interpreted as a free aquifer and the second as a depressed aquifer. The other 4 measurement points, meanwhile, have only three lithological layers. One of them, namely the 2nd layer, is an aquifer layer with different depths and thicknesses. In point 2 measurements, the potential availability of groundwater is estimated to be at a depth of 2.74 m to 55.8 m with a thickness of 53.06 m. At point 3 measurements, aquifers are estimated It is at a depth of 2.33 m to 64.4 m with a thickness of 62.07 m. Whereas in point 4 measurements, the second layer is interpreted as an aquifer with 2.33 to 125 m below the surface which has an aquifer thickness of 122.67 m. Furthermore, at point 5 measurements, the aquifer layer is identified at a depth of 2.15 m to 46.7 m which is categorized as a free aquifer because the overburden is permeable

Keywords: Groundwater, Resistivity of Type Resistance, Rock Lithology, Maros County

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang senangtiasa memberikan berkat berupa keteguhan hati dan Kesehatan serta rahmat-Nya-lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"Identifikasi Potensi Ketersediaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Untuk Intensifikasi Pertanian Di Kabupaten Maros"** ditulis sebagai syarat akademis dalam meraih gelar sarjana *Science* di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Tak lupa pula shalawat serta salam penulis haturkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW selaku *uswatun hasanah* bagi seluruh ummatnya. Ucapan terima kasih yang setinggi – tingginya penulis haturkan kepada bapak **Ambo Sakka** dan Ibu **Sitti Aisyah** untuk kasih sayang, doa, motivasi dan *support* material yang tak terhingga diberikan kepada penulis, serta saudara **Syarifuddin** yang selalu memberi motivasi dan dukungan kepada penulis.

Dalam masa studi hingga penyusunan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan *support* dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. **Diri sendiri** karena telah berjuang dan bertahan sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik – baiknya.
2. Bapak **Alm. Prof. Dr. Dadang Ahmad Suriamiharja, M.Eng** selaku pembimbing pertama yang banyak memberikan saran dan inovasi serta kreatifitas dalam penentuan judul Tugas Akhir serta terima kasih atas nasehat,

motivasi, dan bimbingan yang telah diberikan selama penulis mengenyam pendidikan di Universitas Hasanuddin. serta Permohonan maaf sebesar - besarnya penulis sampaikan karena tidak mampu mewujudkan harapan Prof. untuk berfoto bersama dalam acara wisudawan.

3. Bapak **Syamsuddin, S. Si., M.T** selaku pembimbing Utama yang banyak memberikan motivasi, kritik, saran yang membangun, serta membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M. Si** selaku pembimbing pertama yang banyak memberikan motivasi, nasehat dan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Bapak **Ir. Bambang Harimei, M. Si** dan Ibu **Makhrani, S. Si., M.Si** selaku Dosen Penguji yang banyak memberikan ilmu, kritik dan saran yang membangun bagi penulis untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak **Dr. Muhammad Alimuddin, Eng** selaku dosen pembimbing akademik yang selalu mengarahkan dan membimbing dalam hal akademik selama penulis mengenyam Pendidikan di Universitas Hasanuddin
7. Bapak dan Ibu sert para staf akademik Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, yang banyak memberikan arahan dan nasehat akademik selama penulis mengeyam Pendidikan di Universitas Hasanuddin.

8. Kakak **Sulfian, S. Si** dan **Syahwan Tolleng, S.Si** yang banyak membantu penulis dan memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Segenap Keluarga yang banyak memberikan dukungan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis. Penulis juga ucapkan terima kasih kepada **Fauzan Sofyan** yang sudah rela di repotkan dan membantu penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
10. **Raita Humairah J., S. Pt,** selaku *roommate* penulis yang selalu membersamai dalam setiap suka dan duka.
11. **Ilham Jaya Kusuma** yang selalu ada serta membersamai dalam suka dan duka, terima kasih juga kepada kanda **Miftahul Gamara** yang sudah menepati janjinya untuk selalu membantu dan menghibur penulis serta menolong setiap penulis merasa kesusahan
12. **Nurnilam Sari, Fitrah Awaliyah Salam, S. IP., Aisyah Putri Syahrir, S.S, Syamsidar S. P., Intan Mei Puspita Sari, S.T., Ganggas Kusuma Ningrum**, **Nurainung Saputri, Putri Komala Sari, Ramadhani Rahman, S. Pd.,** yang selalu memberikan motivasi, menjadi pendengar serta memberikan pelukan disaat penulis merasa kesusahan
13. **Texon Family** yang menolong dan memberi semangat kepada penulis
14. Kanda – kanda **Kalem Squad (Ayu, Sri, Ainul, Fira, Marni, Komang dan Heral)** yang sudah membersamai penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini, terima kasih telah mendengarkan keluh kesah, menolong, memotivasi, memberikan saran dan kritik serta menjadi keluarga pertama selama penulis

mengenyam pendidikan di Universitas Hasanuddin. Semoga kekeluargaan ini tetap ada walaupun sudah terpisah oleh jarak dan mari tetap merangkul dalam hal suka dan duka.

15. Member **Basecamp Salama (Jihan, Zefa, Ainul, Fya, Jojo, Marni, Iis, Aini, Fira, Wilda, Sri** dan **Onding)** telah membuat dan berbagi cerita kepada penulis, terima kasih juga telah memberi semangat, saran, dan pencerahan dikala penulis merasa bingung.
16. Teman – teman **Geofisika A dan Geofika B** yang sudah mau berbagi dan saling mengenal
17. Saudara tak sedarah **Himafi 2018 (Ainul, Sri, Ayu, Zefa, Jihan, Marni, Fhaika, Fya, Jojo, Iis, Fira, Wilda, Aini, Ilmi, Acam, Dena, Nunu, Milen, Vika, Yen, Yesi, Wibu, Geby, Mute, Suci, Nilam, Onding, Nisa, Juni, Kiki, Epe, Ocha, Windy, Sheren, Dhea, Fiskah, Chana, Feni, Risda, Uli, Fatim, Sari, Firda, Cunni, Yuyun, Cica, Aqila, Angela, Azmi, Aulia, Dede, Rahmat, Hadi, Andri, Yusuf, Mulyanto, Hasnan, Heral, Ipul, Uci, Azlan, Sarwan, Wawan, Pian, Agung, Komang, Masdar, Yusran, Yanseen, Syahrul, Indra, Slengos, Rana, Izzah, Afni, Dilla, Yusril Dan Fauzan)** yang sudah menjadi tempat dimulainya cerita, berbagi pengalaman, berbagi drama – drama kehidupan. Tetap semangat dengan jalan yang sudah kalian pilih, tetap berproses dan jangan ada yang saling lupa diantara kita, tetap salam **"Satu Tekad Taklukan Waaktu"**
18. Teman – teman **MIPA 2018** atas kebersamaannya dari Maba hingga saat ini, salam **"Use your mind be the best"** dan **"Takkan Pudar".**

19. Kepada kakak **MIPA 2015 (Kak Gustamin, Kak Nuge, Kak Novi, Kak Risna, Kak Hafis, Kak Erfi,** dan kakak – kakak yang tidak sempat saya sebut Namany**a),** selaku pengurus BEM penulis dan kakak **HIMAFI 2016** khususnya kepada **(Kak Arief, Kak Winda, Kak Aso, Kak Mute, Kak Arya, Kak Ulla, Kak Ayyub, Kak Agung, Kak Fazrul, Kak Hasrina, Kak Uni, Kak Wiwi)** karena telah menjadi pengurus Himpunan Penulis dan kakak HIMAFI dan HMGF 2017 khususnya **(Kak Ate', Kak Uci, Kak Zahra, Kak Azhardi, Kak Khalis, Kak Adhe, Kak Ardi, Kak Aat, Kak Roni, Kak Khusnul)**
20. Adik – adik **HIMAFI dan HMGF 2019** yang sudah memberikan kesan dan mengukir cerita indah ketika penulis menjadi pengukur di HIMAFI dan HMGF FMIPA Unhas, tetap **"Bangkit dan Buktikan"**
21. Adik – adik **T20POSFER** terkhususnya kepada **(Milka, Akbar, Imran, Wikal)** atas bantuannya dalam proses akuisisi data.
22. Bapak Desa Bira dan segenap staf serta teman – teman **KKN 107 BULUKUMBA 1** yang sudah memberikan pengalaman, mengukir cerita dan kesan yang indah selama masa KKN.
23. **Aswan Hazi, Alfian, Muh, Iqhsal Naitullah J.,** dan **Muhammad Nur Muhaimin** yang sudah bersedia ada dikala penulis membutuhkan pertolongan dan selalu membersamai dalam suka dan duka.
24. **Corps Asisten Laboratorium Fisika Dasar 2020/2022** yang sudah memberikan banyak pembelajaran dan pengalaman kepada penulis.
25. Kanda **Anti** dan **Amel** yang sudah bersedia menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah dan memberikan motivasi serta banyak pengalaman yang sangat luar biasa kepada penulis. Mari saling merangkul dan tetap berjalan beriringan tanpa meninggalkan dan melupakan satu sama lain.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah meluangkan banyak hal kepada penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, Tugas Akhir ini tidak mungkin selesai jika tanpa ada campur tangan dari orang – orang baik seperti kalian. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua.

Penulis berharap, Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak – pihak yang membutuhkan. Menyadari bahwa Tugas Akhir ini tentunya memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca di masa mendatang.

Makassar, 05 Desember 2022

Penulis,

Irmawati
H061181011

DAFTAR ISI

SAMPUL

HALAMAN JUDUL ii

HALAMAN PENGESAHAN iii

PERNYATAAN KEASLIAN iv

ABSTRAK v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xvi

DAFTAR TABEL xvii

BAB I PENDAHULUAN 1

I.1. Latar Belakang 1

I.2 Rumusan Masalah 4

I.3 Ruang Lingkup Penelitian 4

I.4 Tujuan dari penelitian ini yaitu: 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

II.1. Geologi Regional 5

II.2 Air Tanah *(Groundwater)* 6

II.2.1. Lapisan Pembawa Air Tanah 7

II.2.2 Jenis – jenis Akuifer 8

II.2.3 Cekungan Air Tanah 9

II.3 Porositas dan Permeabilitas 10

II.3.1 Porositas 10

II.3.2 Permeabilitas 11
II.4 Sifat Kelistrikan Batuan 12
II.5 Metode Geolistrik 14
II.5.1 Konsep Dasar Metode Resistivitas 15
II.5.2 Konsep Tahanan Jenis Semu 15
II.5.3 Potensi dalam Bumi Homogen Isotropis 16
II.5.4 Potensial Listrik Akibat Arus Tunggal Di Dalam Bumi 18
II.5.5 Potensial Listrik Oleh Sumber Arus Ganda Pada Permukaan 20
II.5.6 Konfigurasi Schlumberger 22
II.6 Pemodelan Inversi 23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 25
III.1 Lokasi Penelitian 25
III. 2 Alat dan Bahan 26
III. 3 Prosedur Pengambilan Data 27
III.4 Pengolahan dan Interpretasi Data 27
III.4.1 Pengolahan Data 27
III.4.2 Interpretasi data 28
III.5 Bagan Alir 29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 30
IV.1 Hasil 30
IV.1.1 Pemodelan 1D 30
IV.2 Pembahasan 35
IV.2.1 Pemodelan 1D 35
BAB V PENUTUP 47
V.1 Kesimpulan 47

V.2. Saran 48

DAFTAR PUSTAKA 49

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta geologi lembar Ujungpandang 5

Gambar 2. 2 Peta geologi regional modifikasi dari petal embar ujungpandang 6

Gambar 2. 3 Lapisan akuifer 8

Gambar 2. 4 Harga resistivitas batuan 13

Gambar 2. 5 Konsep resistivitas semu pada medium berlapis 16

Gambar 2. 6 Sumber arus di dalam bumi 18

Gambar 2. 7 Garis ekuipotensial arus antara elektroda pada media homogen 21

Gambar 2. 8 Susunan elektroda konfigurasi schlumberger 22

Gambar 2. 9 Teknik pemodelan 24

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian 25

Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian 29

Gambar 4. 1 Hasil Inversi pengukuran pada pengukuran titik 1 30

Gambar 4. 2 Hasil Inversi pengukuran pada pengukuran titik 2 31

Gambar 4. 3 Hasil Inversi pengukuran pada pengukuran titik 3 32

Gambar 4. 4 Hasil Inversi pengukuran pada pengukuran titik 4 33

Gambar 4. 5 Hasil Inversi pengukuran pada pengukuran titik 5 34

Gambar 4. 6 Lapisan penyusun bawah permukaan pengukuran titik 1 36

Gambar 4. 7 Lapisan penyusun bawah permukaan pengukuran titik 2 39

Gambar 4. 8 Lapisan Penyusun bawah permukaan pengukuran titik 3 41

Gambar 4. 9 Lapisan penyusun bawah permukaan pengukuran titik 4 43

Gambar 4. 10 Lapisan penyusun bawah permukaan pengukuran titik 5 45

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Porositas batuan 11

Tabel 2. 2 Nilai Permeabilitas Relatif 12

Tabel 2. 3 Variasi resistivitas tahanan jenis material 14

Tabel 3.1 Informasi lapangan ……....26

Tabel 4. 1 Hasil inversi pengukuran titik 1 35

Tabel 4. 2 Hasil inversi pengukuran titik 2 38

Tabel 4. 3 Hasil inversi pengukuran titik 3 40

Tabel 4. 4 Hasil inversi pengukuran titik 4 42

Tabel 4. 5 Hasil inversi pengukuran titik 5 44

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kabupaten Maros merupakan salah satu daerah yang mayoritas sumber mata pencaharian penduduknya berada pada sektor pertanian. Luas lahan pertanian Kabupaten Maros yaitu 144,254 Ha dengan pembagian luas sawah Irigasi Teknis 11,185 Ha, luas sawah Tadah Hujan 14,959 Ha. Kecamatan Simbang memiliki Luas 10.229 Ha, luas sawah Irigasi Teknis 1791,48 Ha dan luas sawah Tadah Hujan 990,17 Ha sedangkan Kecamatan Bantimurung memiliki Luas 15,390 Ha, luas sawah Irigasi Teknis 2348,66 Ha, dan luas sawah Tadah Hujan 1283.90 Ha (Dinas Pertanian, 2022). Sektor pertanian sangat erat kaitannya dengan air, tanpa air sektor pertanian susah atau bahkan tidak dapat bertumbuh dengan sempurna. Selain pada sektor pertanian, air juga sangat penting dalam keberlangsungan Hidup.

Menurut data Dinas Pertanian, Kecamatan Simbang mengalami penurunan produksi pada tahun 2019 dengan jumlah produksi yang didapatkan sebesar 32.757,00 Ton dan pada tahun 2020 mendapatkan 29.779,64 Ton sedangkan pada Kecamatan Bantimurung mengalami penurunan pada tahun 2019 dengan jumlah produksi yang dihasilkan sebesar 68.863,60 Ton dan pada tahun 2020 mendapatkan hasil sebesar 54.013,58 Ton. Penurunan hasil produksi ini dipengaruhi oleh salah satu faktor kurangnya aliran irigasi atau sumber air tanah yang mengairi persawahan di daearah tersebut (Dinas Pertanian, 2022).

Air tanah merupakan air yang berada pada rongga – rongga lapisan geologi dalam keadaan jenuh dan dalam jumlah yang cukup. Air tanah adalah salah satu sumber kebutuhan penting bagi makhluk hidup yang ada di bumi. Sistem perairan air tanah hampir sama dengan sistem perairan air permukaan. Input alami air tanah berupa serapan dari aliran permukaan, terutama di wilayah tangkapan air hujan. Sedangan outputnya berupa mata air dan serapan air yang menuju lautan. Air tanah dimanfaatan untuk kebutuhan air bersih, irigasi, industri dan masih banyak lagi. Saat ini kebanyakan lingkup pertanian memanfaatan air tanah sebagai sumber pengairan untuk lahan persawahan melalui pemompaan dengan menggunakan sumur bor (Bisri, 2012)

Metode geolistrik adalah metode eksplorasi geofisika untuk menyelidiki keadaan bawah permukaan dengan menggunakan sifat – sifat kelistrikan batuan. Selain itu, metode geofisika merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk mencari potensi air tanah. Metode geolistrik resistivitas menggunakan prinsip aliran arus listrik dalam menyelidiki struktur bawah permukaan bumi. Aliran arus listrik mengaliri di dalam tanah melalui batuan – batuan dan sangat di pengaruhi oleh adanya larutan elektrolit yang terkandung di dalam batuan. Sifat kelistrikan batuan *relative* resistif dan berubah *relative* konduktif jika tersaturasi oleh air. Prinsip kerja geolistrik yaitu dilakukan dengan cara menginjeksi arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda arus dan mengukur beda potensial pada sepasang elektroda potensial (Halik & S. Jojok Widodo, 2008)

Metode resistivitas dengan konfigurasi Schlumbeger dilakukan dengan cara mengondisikan spasi antar elektroda potensial dan elektroda arus. Metode geolistrik

konfigurasi schlumberger mampu mendeteksi adanya non – homogenitas lapisan batuan pada permukaan atau membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak pada elektroda MN/2. Konfigurasi ini banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan karena lebih mudah digunakan dan biaya survei *relative* murah.

Pengukuran resistivitas pada arah vertikal atau *Vertical Electrical Sounding* (VES) merupakan salah satu metode geolistrik resistivitas untuk menentukan perubahan resistivitas tanah terhadap kedalaman yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawa permukaan bumi secara vertikal (Telford dkk., 1990)

Beberapa peneliti terdahulu sudah menggunakan metode geolistrik mendeteksi lapisan pembawa air tanah (*aquifer)* antara lain: penelitian yang dilakukan oleh (Hamzah dkk., 2020) dengan judul "Pendugaan Potensi Air Tanah dengan Metode Resistivitas Listrik di Kawasan Wisata Rammang – Rammang Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros", (Okviyani dkk., 2020) dengan judul "Identifikasi Air Tanah Kawasan Cagar Purbakala Leang-Leang Kabupaten Maros Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger" dan penelitian yang menggunakan metode geolistrik oleh (Jannah dkk., 2010) "Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis"

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian mengenai **"Identifikasi Potensi Ketersediaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger Untuk Intensifikasi Pertanian Di Kabupaten Maros**

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kondisi litologi bawah permukaan dan model profil 1D dari data nilai resistivitas pada daerah penilitian?
2. Berapakah kedalaman dan ketebalan air tanah yang terdapat pada daerah penelitian?
3. Bagaimana jenis akuifer yang terdapat pada daerah penelitian?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada proses pengambilan data primer berupa data geolistrik *sounding* konfigurasi Schlumberger di dua Kecamatan yaitu Kecamatan Simbang dan Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros. Data pendukung yang digunakan untuk melakukan interpretasi yaitu berupa informasi hasil pengeboran dan lembar peta geologi regional Kabupaten Maros. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Software Ipi2win* hasil yang didapatkan berupa kurva nilai resistivitas

I.4 Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui kondisi litologi bawah permukaan dan model profil 1D dari data nilai resistivitas pada daerah penelitian
2. Mengetahui kedalaman dan ketebalan air tanah yang terdapat pada daerah penelitian
3. Mengetahui jenis akuifer yang terdapat pada daerah penelitian.

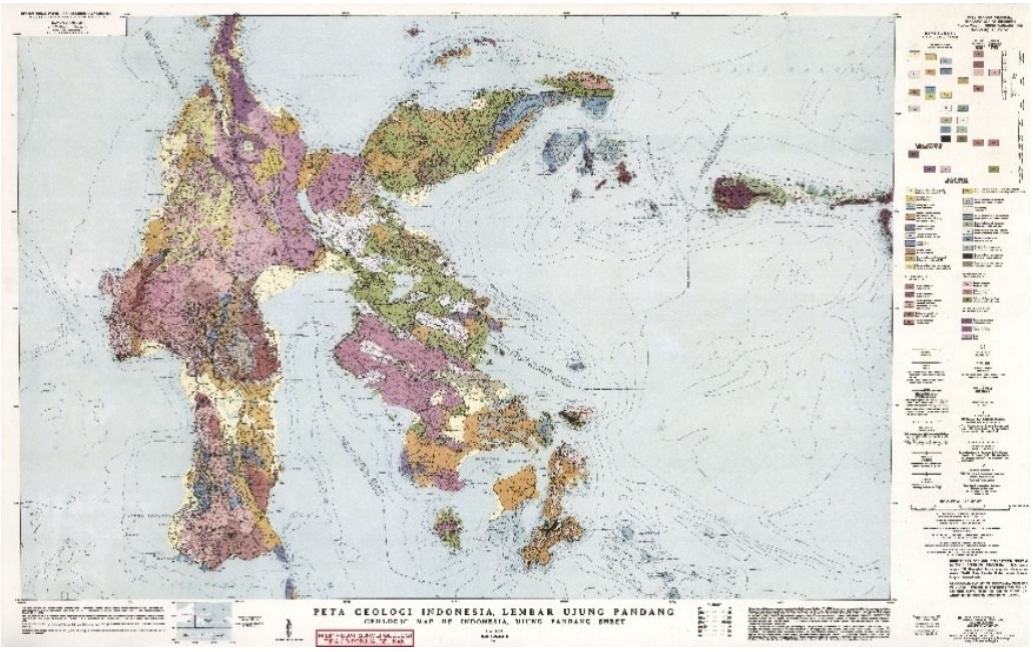
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Geologi Regional

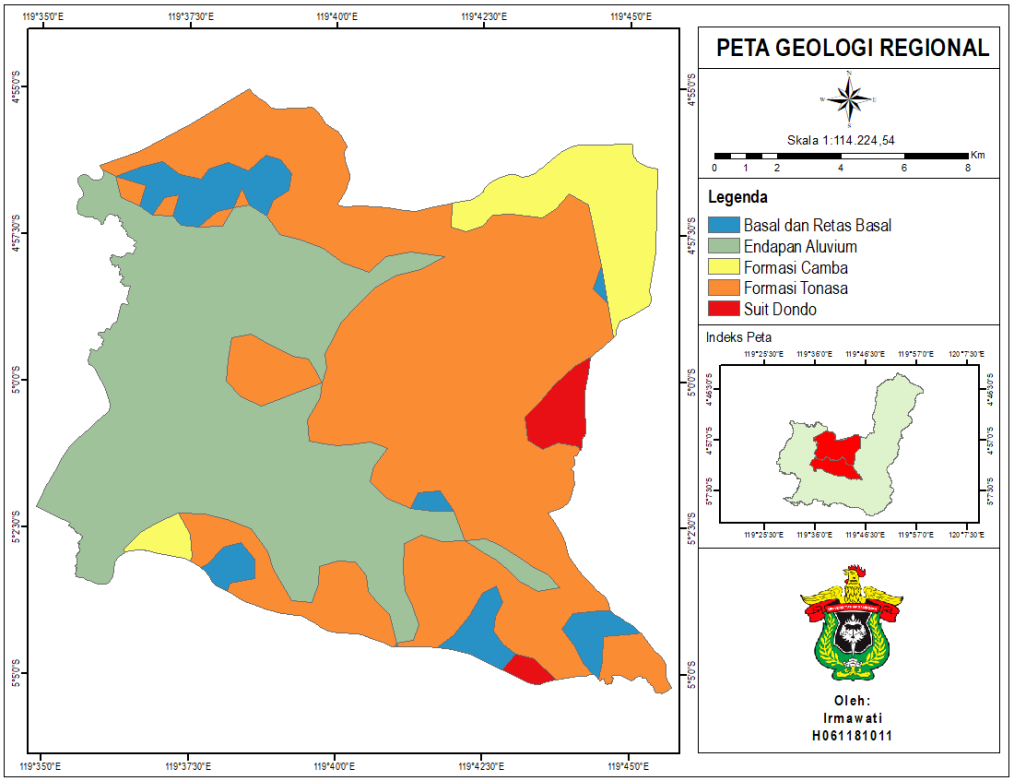
Geologi daerah bagian timur dan barat Sulawesi Selatan pada dasarnya berbeda yang dipisahkan oleh sesar Walanae. Di masa Mesozoikum, *basement* yang kompleks berada pada daerah bagian barat Sulawesi Selatan dekat Bantimala di daerah Barru yang terdiri dari batuan metamorf, ultramafik dan sedimen. Adanya batuan metamorf yang sama dengan batuan di Pulau Jawa, Pegunungan Meratus di Kalimantan Tenggara dan batuan di Sulawesi Tengah menunjukkan bahwa basement kompleks Sulawesi Selatan mungkin merupakan pecahan fragmen akibat akresi kompleks yang lebih besar di masa awal Createceous (Sompotan, 2012)

Adapun geologi regional Kabupaten Maros dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2. 1 Peta geologi lembar Ujungpandang (Sukamto, 2012)

Dari **Gambar 2.1** kemudian dilakukan modifikasi dengan menggunakan *Software Arcgis 10.8* sehingga menghasilkan **Gambar 2.2** yaitu gambar geologi regional Kabupaten Maros.



Gambar 2. 2 Peta geologi regional modifikasi dari petal embar ujungpandang (Sukamto, 2012)

II.2 Air Tanah *(Groundwater)*

Secara harfiah, air tanah merupakan air yang berada dan berasal dari Sebagian lapisan tanah, baik air yang berada pada lapisan tanah jenuh maupun berada pada lapisan tanah tak jenuh. Air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh akan menopang kehidupan Makhluk hidup di permukaan. Sedangkan, air yang berada pada lapisan tanah jenuh menjadi penyimpanan air di dalam lapisan tanah yang dapat keluar melalui mata air *(artesis)* atau tinggal dalam lapisan tanah sebagai air

fosil *(fossil water)*. Kebutuhan air meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di dunia. Kebutuhan tersebut meliputi kebutuhan air bersih, air industri dan kebutuhan untuk pertanian. Hal ini membuat manusia berinovasi untuk mengambil air fosil dengan memanfaatkan teknologi pompa untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Darwis, 2018)

Nilai tahanan pendugaan untuk air dibagi menjadi 3 yaitu: air tanah berada pada rentang nilai resistivitas 1 – 100 Ωm, tanah berada pada rentang nilai resistivitas air hujan 30 – 1000 Ωm, air laut memiliki nilai resistivitas di bawah 0.2 Ωm dan untuk es berada pada rentang resistivitas 105 – 108 Ωm (Badan Standardisasi Nasional, 2012)

II.2.1. Lapisan Pembawa Air Tanah

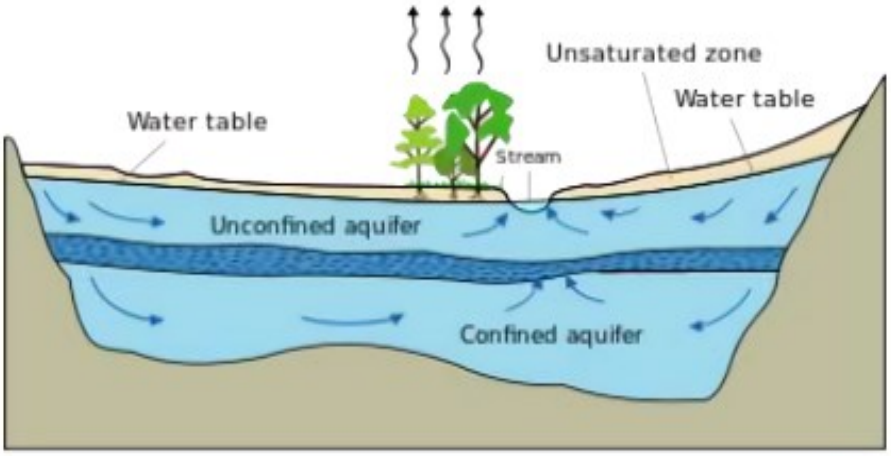
Akuifer berasal dari kata *aqua* yang artinya air dan *free* artinya mengandung. Jadi akuifer adalah lapisan yang mengandung air atau dapat juga diartikan sebagai lapisan tanah yang dapat meloloskan air serta dapat menyimpan dan mengaliri air tanah dalam jumlah yang cukup. Beberapa jenis lapisan pembawa air tanah diantaranya (Arsyad, 2017)

- *Aquifer,* merupakan lapisan batuan yang mampu mengaliri dan menyimpan air dalam jumlah yang banyak. Lapisan batuannya bersifat permeable seperti pasir, kerikil dan lain lain.
- *Aquiclude,* merupakan lapisan batuan yang mampu menyimpan air tetapi tidak mampu meloloskan air dalam jumlah yang banyak. Seperti pada batuan lempung, tuff halus dan silt

- *Aquifuge,* merupakan lapisan batuan yang tidak mampu menyimpan dan mengaliri air, contoh batuannya seperti batuan granit dan batuan kompak
- *Aquitard,* merupakan lapisan batuan yang dapat menyimpan air dan mampu meloloskan air tetapi dalam jumlah yang sangat terbatas.

II.2.2 Jenis – jenis Akuifer

Berdasarkan sebaran akuifer dan non akuifer di bawah permukaan tanah, maka diketahui adanya sistem akuifer seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3** berikut ini (Arsyad, 2017)



Gambar 2. 3 Lapisan akuifer (Arsyad, 2017)

a. Akuifer Bebas *(Unconfined Aquifer)* merupakan akuifer yang berada di bawah permukaan tanah. Lapisan permukaan tanah juga disebut dengan water table yaitu permukaan air yang mempunyai tekanan jenuh air yang lebih besar daripada tekanan atmosfer
b. Akuifer Tertekan *(Confined Aquifer)* merupakan akuifer yang berada diantara lapisan kedap air dan mempunyai tekanan jenuh lebih besar dibanding dengan tekanan atmosfer

c. Akuifer Semi Tertekan *(Semi Confined Aquifer)* merupakan akuifer jenuh, bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi meloloskan air dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air.
d. Akuifer Semi Bebas *(Semi Unconfined Aquifer)* merupakan akuifer peralihan antara akuifer bebas dan semi tertekan, karena akuifer ini berada pada lapisan atasnya merupakan material berbutir halus dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air.

II.2.3 Cekungan Air Tanah

Cekungan air tanah merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeoligis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbunan, pengaliran dan pelepasan air tanah langsung. Cekungan Air Tanah berada di daratan dengan penyebaran dapat sampai di bawah dasar laut. Batas vertikal akuifer ditentukan oleh kondisi *stratigraphy* dan *geohistoric* lapisan, sedangka untuk batas horizontalnya dikontrol berdasarkan *sedimentary* dan *geostructural* lapisan – lapisan tersebut. Secara hidrogeologi, unit terbesar suatu batas disebut dengan *groundwater basin* yang menunjukkan suatu cekungan deposit. Cekungan deposit adalah suatu daerah di mana pengendapan telah terjadi secara terus – menurus untuk suatu periode waktu dan terbentuk dari kumpulan lapisan – lapisan yang tebal. Di Indonesia secara umum Cekungan Air Tanah dibedakan menjadi dua yaitu cekungan air tanah bebas (*unconfined aquifer)* dan cekungan air tanah tertekan *(confined aquifer)* (Kodoatie & Syarief, 2010).

Cekungan yang terdapat di daerah kaki pengunungan vulkanis dan daratan alluvial yang terbuat dari bahan rombakan vulkanis mempunyai potensi penyimpanan air

tanah yang cukup besar. Namun, Pada daerah batu gamping akuifer terbentuk lebih besar sehingga menyerupai sungai bawah tanah, tetapi pada daerah tertentu tidak mengandung air tanah (Bisri, 2012b).

Pada umumnya CAT di bagi menjadi dua yaitu daerah imbuhan dan daerah luaran air (Arsyad, 2017) :

a. Daerah Imbuhan *(Recharge Area),* adalah daerah resapan air yang dapat menambah air tanah secara alami pada daerah cekungan air tanah. Letak daerah imbuhan biasanya berada pada pada daerah Kawasan hulu aliran sungai dan morfologi berupa perbukitan atau pengunungan yang memiliki elevasi yang lebih tinggi. Kedudukan muka air tanah pada daerah imbuhan Umumnya relative dalam, maka kenaikan muka air tanah tersebut membentuk seperti kolam yang cukup dalam sehingga menimbukan tekanan hidraulik yang cukup kuat menekan sehingga air hujan akan meresap dan mengalir kebawah sehingga menambah volume air tanah. Selama musim hujan berlangsung, permukaan tanah pada daerah imbuhan mampu melepaskan air hujan yang jatuh dipermukaan tanah.
b. Daerah Luaran *(Discharge Area)*, merupakan daerah luaran yang berada pada bagian hilir dan morfologi daerahnya berupa dataran rendah.

II.3 Porositas dan Permeabilitas

II.3.1 Porositas

Porositas (ϕ) merupakan perbandingan volume rongga – rongga pori tehadap volume total batuan. Perbandingan ini dapat dilihat pada persamaan

$$\phi = \frac{V_p}{V_t} x\ 100\ \% \qquad (2.1)$$

Pori adalah ruang yang terdapat di dalam batuan yang selalu dilalui oleh fluida. Contoh fluida seperti air tawar atau asin, udara atau gas bumi. Porositas yang efetif adalah apabila bagian rongga pori – pori saling berhubungan. Porositas efektif biasanya lebih kecil daripada rongga pori – pori total yang biasanya berkisar dari 10% - 15% (Nurwidyanto dkk., 2006).

Ada dua jenis porositas diantaranya porositas primer dan porositas sekunder . porositas primer adalah porositas yang terjadi Bersamaan batuan menjadi sedimen sedangkan porositas sekunder adalah porositas yang terjadi sesudah batuan menjadi sedimen bisa berupa larutan (*dissolution)* (Nurwidyanto dkk., 2006).

Pada **Tabel 2.1** menunjukkan bahwa nilai porositas batuan secara ideal, jika porositas melebihi 25%. Maka, bentuk batuannya belum sempurna atau kokoh dan bentuknya belum menyerupai batu.

Tabel 2. 1 Nilai Porositas batuan (Vebrianto, 2016)

Porositas *(Arce - feet)*	**Keterangan**
0 < x < 5%	Sangat Buruk
5 ≤ x < 10%	Buruk
10 ≤ x < 15%	Cukup
15 ≤ x 20%	Baik
20 ≤ x < 25%	Sangat Baik

II.3.2 Permeabilitas

Permeabilitas adalah sifat batuan reservoir untuk meloloskan fluida melalui pori – pori batuan yang saling terhubung dengan batuan lain tanpa merusak partikel pembentuk dan kerangka batuan. Batuan yang memiliki permeabilitas baik sering

ditunjukkan dengan memiliki potensi akuifer atau batuan reservoir air tanah yang baik. Berdasarkan Hukum Darcy, permeabilitas batuan dapat dirumuskan dengan persamaan berikut (Vebrianto, 2016):

$$q = \frac{k}{m} \times \frac{dp}{dy} \tag{2.2}$$

Dengan,

q = kecepatan fluida (cm/detik)

k = permeabilitas batuan

m = viskositas

$\frac{dp}{dy}$ = gradien hidrolik (atm/cm)

Tabel 2. 2 Nilai Permeabilitas Relatif (Arsyad, 2017)

Permeabilitas Relatif	K (m/dt)	Material
Sangat Permeabel (dapat ditembus)	$<10^{-3}$	Kerikil Kasar
Cukup Permeabel	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	Pasir, Pasir Halus
Kurang Permeabel	$10^{-5} \sim 10^{-7}$	Pasir Berlanau, Pasir Kotor
Sangat Kurang Permeabel	$10^{-7} \sim 10^{-9}$	Lanau, Batu pasir Halus
Impermeabel	$>10^{-9}$	Lempung

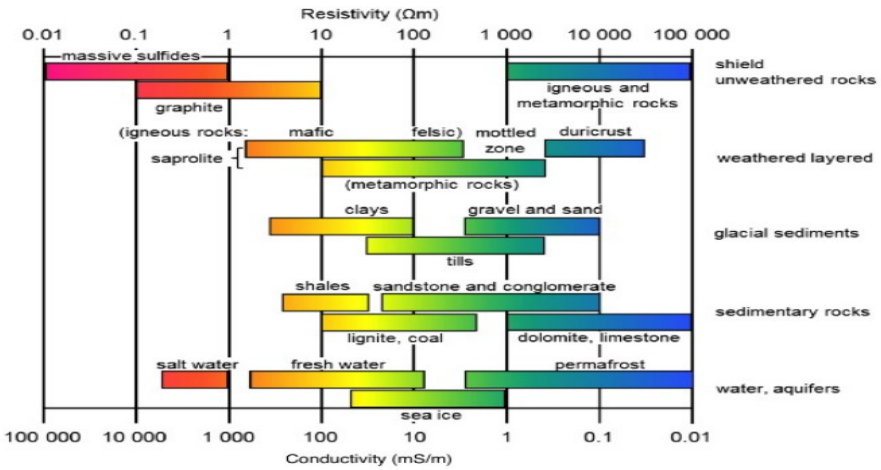
II.4 Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah ciri khas dari batuan yang bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Salah satu sifat kelistrikan batuan adalah memiliki resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas bahannya maka semakin sulit untuk menghantarkan arus listrik dan begitupun sebaliknya (Prameswari dkk., 2012).

Batuan memiliki harga resistivitas. Beraerdasarkan harga resistivitas batuan di golongkan dalam tiga kategori, yakni:

- Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1$ Ωm
- Konduktor sedang : $1 < \rho < 10^{7}$ Ωm
- Isolator : $\rho > 10^{7}$ Ωm

Terdapat beberapa nilai karakteristik pada setiap batuan. **Gambar 2.4** dapat membantu untuk menentukan jenis batuan berdasarkan harga resistivitasnya. Contohnya pada batuan *clay* memiliki nilai 5 – 100 Ωm. Nilai tersebut tidak bergantung pada jenis batuan namun, bergantung pula pada pori dan kandungan fluida pada pori batuan. Sifat kelistrikan batuan. Sifat kelistrikan batuan dipengaruhi oleh dua parameter yaitu parameter utama dan parameter turunan. Parameter utama adalah parameter yang melihat dari nilai resisitivitas lapisan dan tebal lapisan sedangkan parameter turunan adalah parameter yang memperhatikan konduktivitas longitudinal, resistansi transversal, resistivitas transversal dan resistivitas longitudinal (Prameswari dkk., 2012).



Gambar 2. 4 Harga resistivitas batuan (Prameswari dkk., 2012)

Resistivitas tahanan jenis material memiliki beberapa variasi. Variasi resistivitas tahanan jenis material dapat dilihat pada **Tabel 2.3**, sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Variasi resistivitas tahanan jenis material (Telford dkk, 1990)

Material	Resistivity (Ωm)
Granit	200 – 100.000
Andesit	1,7 x 102 – 45 x 104
Basal	200 – 100.000
Gamping	500 – 10.000
Batu Pasir	200 – 8.000
Batu Tulis	20 – 2.000
Pasir	1 – 1.000
Lempung	1 - 100
Air Tanah	0,5 - 300
Air Asin	0,2
Magnetik	0,01 – 1.000
Kerikil Kering	600 – 10.000
Aluvium	10 - 800
Kerikil	100 - 600

II.5 Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah metode yang dilakukan dengan cara menginjeksi arus dan mengukur beda potensial yang terbaca dipermukaan sehingga diperoleh nilai resistivitas antar lapisan batuan dan ketebalan masing – masing batuan yang berada di bawah permukaan bumi. Ditinjau dari letak elektrodanya, terdapat beberapa jenis konfigurasi yang dikenal yaitu seperti: konfigurasi wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi dipole – dipole dan lain – lain. Masing – masing konfigurasi elektroda memiliki kelebihan dan kekurangan (Syukri, 2020).

Pengukuran resistivitas normalnya dilakukan dengan menginjeksi arus listrik kedalam tanah melalui dua elektroda arus (C1 dan C2) dan pengukuran beda

tegangan antara dua elektroda potensial (P1 dan P2). Besar nilai resistivitas di peroleh dari hasil kuat arus (I) dan besar tegangan (V) (Prameswari dkk., 2012).

II.5.1 Konsep Dasar Metode Resistivitas

Prinsip dasar metode resistivitas adalah hukum Ohm yang menyatakan bahwa beda potensial yang timbul di ujung slah satu medium berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir pada medium tersebut. Selain itu, hukum Ohm juga menyatakan bahwa tahanan listrik berbanding lurus dengan Panjang medium dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Formulasi dari kedua pernyataan Ohm di atas dapat di tuliskan sebagai berikut:

$$V \infty I \; atau \; V = I.R \tag{2.3}$$

$$\mathrm{R} \infty \frac{L}{A} \text{ atau } \mathrm{R} = \rho \frac{L}{A} \tag{2.4}$$

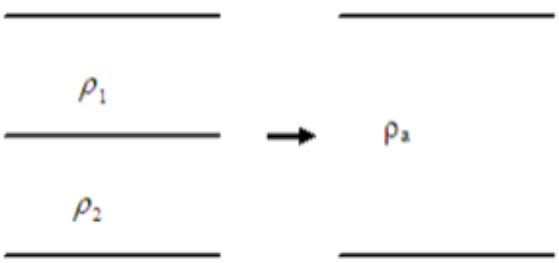
Prinsip dasar dari survei resistivitas adalah menginjeksi arus secarah DC kedalam bumi melalui dua buah elektroda arus yang ditancap di permukaan bumi kemudian mengukur respon beda potensial yang terjadi antara dua titik tersebut, dimana dua buah elektroda potensial ditempatkan dalam sebuah susunan tetentu yang disebut konfigurasi (Syamsuddin dkk., 2021)

II.5.2 Konsep Tahanan Jenis Semu

Bumi diasumsikan mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi tahanan jenis yang diukur adalah tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan – lapisan dengan ρ yang berbeda – beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari

lapisan – lapisan tersebut. Maka nilai tahanan jenis yang terukur adalah nilai tahanan jenis untuk satu lapisan saja terutama untuk spasi yang lebar.

Dengan ρ_a merupakan resistivitas semu *(apparent resisitivity)* yang bergantung pada spasi elektroda. Resistivitas semu adalah resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekivalen dengan medium berlapis yang ditinjau sebagai medium berlapis, contohnya memiliki dua lapis yang mempunyai resistivitas berbeda ($\rho_1\ dan\ \rho_2$) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai nilai resistivitas sebesar ρ_a seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5** Nilai resistivitas semu biasa disebut ρ_a (Simpen, 2015).



Gambar 2. 5 Konsep resistivitas semu pada medium berlapis (Simpen, 2015)

II.5.3 Potensi dalam Bumi Homogen Isotropis

Apabila suatu arus bersifat kontinu kemudian dialirkan kedalam suatu medium yang bersifat homogen isotropis, dengan $d\vec{A}$ merupakan elemen luas permukaan dan $\vec{J}$ merupakan rapat arus listrik (A/m^2), maka besar elemen arus yang melewati melalui elemen permukaan tersebut (Telford dkk, 1990):

$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{A} \tag{2.5}$$

Dengan demikian rapat arus $\vec{J}$ pada elemen luasan akibat medan listrik $\vec{E}$ yang ditimbulkan akan memenuhi hubungan sebagai berikut:

$$\vec{J} = \sigma\vec{E} \tag{2.6}$$

Dengan $\vec{E}$ dalam volt/meter (V/m) dan σ merupakan konduktifitas medium dalam ohm/meter (Ω/m), karena medan listrik merupakan gradien potensial, maka:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}\mathrm{V} \tag{2.7}$$

V merupakan potensial listrik, sehingga diperoleh persamaan :

$$\vec{J} = -\sigma\,\vec{\nabla}\mathrm{V} \tag{2.8}$$

Aliran arus yang mengalir dalam bumi homogen isotropis didasarkan pada hukum kekelan muatan yang dapat ditulis dalam persamaan :

$$\vec{J}\,\vec{\nabla} = \frac{\partial q}{\partial t} \tag{2.9}$$

dengan,

$\vec{J}$ = rapat arus (A/m^2)

q = rapat muatan (C/m^3)

Maka berlaku persamaan untuk arus stasioner :

$$\vec{\nabla}\,\vec{J} = 0 \tag{2.10}$$

sehingga :

$$\vec{\nabla}\left(\sigma\,\vec{\nabla}V\right) = 0 \tag{2.11}$$

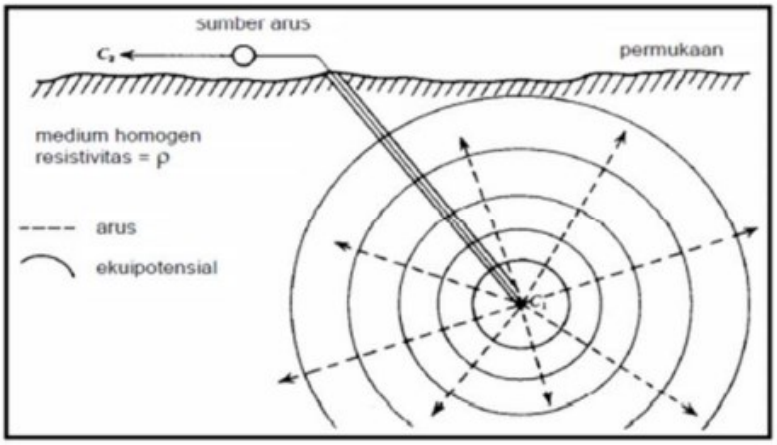
$$\vec{\nabla}\sigma\,\vec{\nabla}V + \sigma\nabla^2 V = 0 \tag{2.12}$$

Apabila arus stasioner dengan koefisien konduktifitasnya konstan, maka akan diperoleh persamaan Laplace dengan Potensial harmonis :

$$\nabla^2 V = 0 \tag{2.13}$$

Dimana persamaan (2.13) termasuk persamaan dasar dalam metode geolistrik tahanan jenis. Dengan demikian distribusi potensial listrik untuk arus listrik searah dalam medium homogen isotropis memenuhi persamaan Laplace (Syamsuddin dkk., 2021)

II.5.4 Potensial Listrik Akibat Arus Tunggal Di Dalam Bumi



Gambar 2. 6 Sumber arus di dalam bumi (Telford dkk., 1990)

Pada model homogen isotropis dimana elektroda arus di tancapkan di dalam bumi yang berfungsi sebagai sumber injeksi arus listrik ke segala arah dalam bumi seperti yang terdapat pada **Gambar 2.6** Pada titik ekuipotensial dalam bumi yang membentuk permukaan bola yang mempunyai jari – jari *r*, sehingga arus yang

dihasilkan melalui luas permukaan bola dengan jari – jari r yaitu (Telford dkk, 1990):

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{dv}{dr}\right) = 0 \qquad (2.\ 14)$$

Persamaan (2.14) diintegral sebanyak dua kali, maka akan didapatkan:

$$\int r^2\ \frac{dv}{dr}dr = 0\ \rightarrow\ r^2\frac{dv}{dr} = P\ \rightarrow\ \frac{dv}{dr} = \frac{P}{r^2} \qquad (2.15)$$

$$V = \int \frac{P}{r^2}dr = -\frac{P}{r} + \mathrm{Q} \qquad (2.\ 16)$$

Dimana P dan Q merupakan konstanta. Dengan menerapkan batas bawah potensial pada jarak tidak berhingga memiliki harga sama dengan nol ($V = 0, r = \infty$), maka $\mathrm{Q} = 0$, sehingga Persamaan (2.16) menjadi:

$$V = -\frac{P}{r} \qquad (2.17)$$

Karena Ekuipotensial membentuk bola, maka luas permukaan bola $A = 4\pi r^2$.

Maka, persamaan (2.5) dan (2.8) digabung sehingga menghasilkan persamaan:

$$\begin{aligned} I &= A\vec{J} \\ &= 4\pi r^2(-\sigma\nabla\vec{V}) \end{aligned} \qquad (2.18)$$

Dimana nilai ($\nabla\vec{V}$) diasumsikan sama dengan persamaan (2.15), maka diperoleh:

$$I = -4\pi\sigma P \qquad (2.19)$$

karena $\sigma = \frac{1}{\rho}$, maka persamaan (2.19) ditulis:

$$I = -4\pi\left(\frac{1}{\rho}\right)P$$

$$I = \frac{-4\pi P}{\rho}$$

atau

$$P = -\frac{I\rho}{4\pi} \tag{2.20}$$

Persamaan (2.17) disubtitusikan pada persamaan (2.19) maka dihasilkan :

$$V = -\frac{P}{r}$$

$$= \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right)\frac{1}{r} \tag{2.21}$$

dengan,

V = Potensial Listrik (V)

ρ = resistivitas (ohm)

I = kuat arus listrik (A)

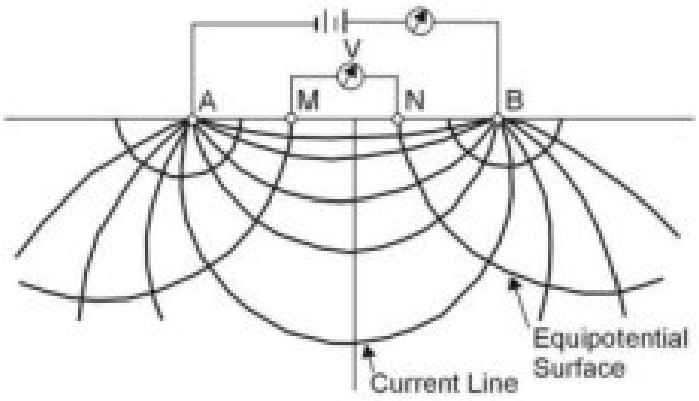
P = konstanta

$\vec{J}$ = Rapat arus (A/m^2)

σ = konduktifitas (S/m)

II.5.5 Potensial Listrik Oleh Sumber Arus Ganda Pada Permukaan

Pada pengukuran resistivitas geofisika umumnya menggunakan dua buah elektroda arus disimbolkan dengan AB dan dua buah elektroda potensial yang disimbulkan dengan MN. Konsep arus tunggal dapat diperluas untuk menganalisa arus yang terinjeksi melalui elektroda arus sebagai sumber di permukaan. **Gambar 2.7** menunjukkan garis ekuipotensial yang terjadi akibat injeksi arus pada dua titik arus yang berlawanan di permukaan bumi (Prameswari dkk., 2012)



Gambar 2. 7 Garis ekuipotensial arus antara elektroda pada media homogen (Prameswari dkk., 2012)

Berdasarkan **Gambar 2.7** beda potensial yang tejadi antara MN yang disebabkan oleh injeksi arus pada AB adalah:

$$\Delta V = V_M - V_N$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi}\left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)\right] \tag{2.22}$$

$$\rho = 2\pi\left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)\right]^{-1}\frac{\Delta V}{I} \tag{2.23}$$

sehingga,

$$\rho = K\frac{\Delta V}{I} \tag{2.24}$$

dengan I adalah arus dalam Ampere, ΔV beda potensial dalam volt, ρ adalah tahanan jenis dalam Ohm meter dan K adalah faktor geometri elektroda dalam meter.

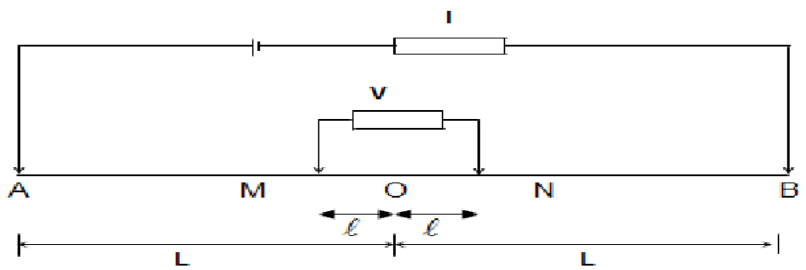
maka,

$$K = 2\pi\left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)\right]^{-1} \quad (2.25)$$

K adalah faktor geometri dari konfigurasi elektroda potensial dan elektroda arus.

II.5.6 Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger adalah konfigurasi yang menggunakan empat buah elektroda yang terdiri dari dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial. Jarak antara elektroda potensial lebih kecil dibanding elektroda arus. Susunan elektroda dari konfigurasi schlumberger dapat di lihat pada **Gambar 2.8** Konfigurasi Schlumberger biasanya digunakan untuk pengukuran *sounding* yaitu pengukuran yang berfokus pada bidang vertikal saja. Kelebihan dari konfigurasi ini adalah dapat mendeteksi lapisan non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan dengan cara membandingkan nilai resistivitas semu Ketika dilakukan perpindahan elektroda arus dan elektroda potensial. Sedangkan kelemahan dari konfigurasi ini yaitu pembacaan pada elektroda MN kecil Ketika AB berada sangat jauh. Nilai eksentrisitas dari konfigurasi schlumberger berkisar antar $\frac{1}{3}$ atau $\frac{1}{5}$. Apabila elektroda arus yang dipindahkan sudah melewati batas eksentrisitasi maka perlu dilakukan perpindahan pada elektroda potensial agar dapat menghasilkan nilai.



Gambar 2. 8 Susunan elektroda konfigurasi schlumberger (Prameswari dkk., 2012)

Berdasarkan **Gambar 2.8** dan menggunakan faktor geometri pada persamaan (2.25) maka di peroleh persamaan konfigurasi schlumberger:

$$K = \pi \frac{(L^2 - l^2)}{2l} \tag{2.26}$$

Pada konfigurasi schlumberger, untuk mengetahui lapisan bawah permukaan maka jarak masing – masing elektroda arus dan elektroda potensial diperbesar secara bertahap. Semakin besar spasi elektroda maka efek penembusan arus ke bawa semakin dalam sehingga dapat diketahui sifat fisis batuan yang dimiliki (Afifuddin dkk., 2021)

II.6 Pemodelan Inversi

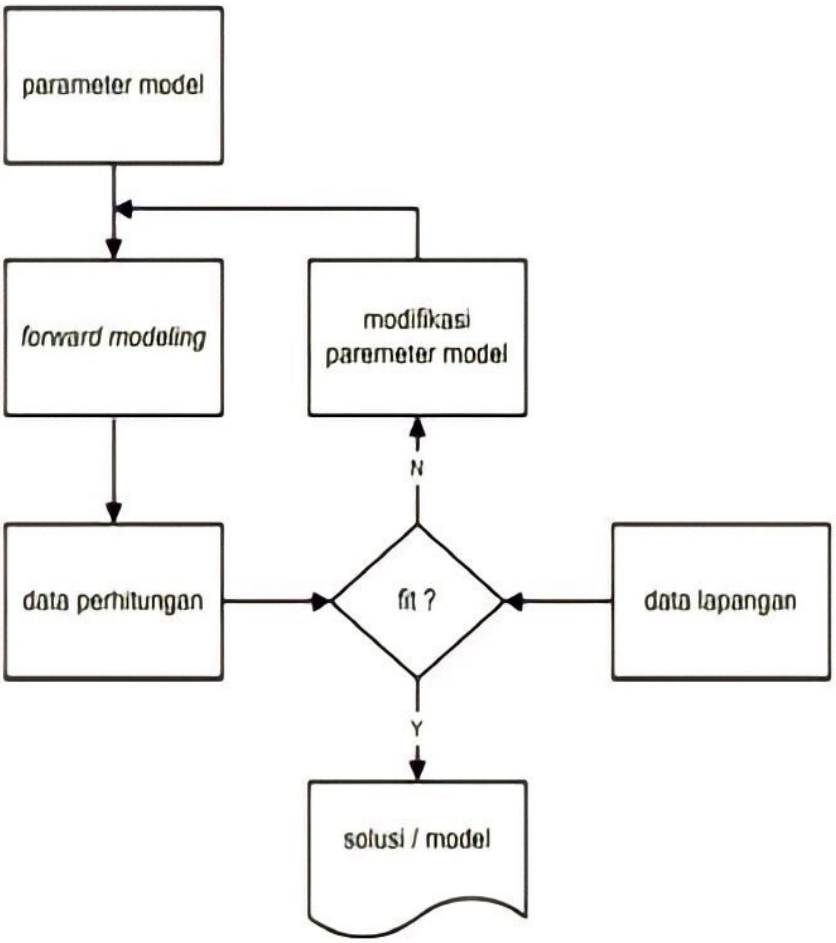
Pemodelan Inversi (*Inverse Modeling)* adalah kebalikan dari pemodelan ke depan, karena dalam pemodelan inversi parameter model diperoleh secara langsung dari data. Teori inversi merupakan suatu teknik atau metode matematika dan statistika untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai suatu data berdasarkan observasi terhadap parameter model (Grandis, 2009)

Adapun rumus sederahana dari pemodelan inversi yaitu:

$$d = G\,m \tag{2.27}$$

Pemodelan inversi pada dasarnya seperti pada **Gambar 2.9.** Namun, dalam modifikasi model baiknya dilakukan perhitungan secara otomatis. Pemodelan inversi biasa dikenal dengan data *fitting* karena dalam proses mencari parameter model yang dihasilkan respon yang *fit* dengan data observasi, dalam proses tersebut dijelaskan bahwa pemodelan inversi hanya dapat dilakukan jika hubungan antara

data dan parameter model (fungsi pemodelan ke depan) telah di ketahui. Untuk memberikan gambaran perbedaan antara pemodelan ke depan dan pemodelan inversi, maka dapat dilihat dari suatu masalah sederhana yaitu seperti variasi *temperature* tanah terhadap kedalaman (Grandis, 2009).



Gambar 2. 9 Teknik pemodelan (Grandis, 2009)