

SKRIPSI

ANALISIS SEBARAN AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI ELEKTRODA *SCHLUMBERGER*

(Studi Kasus: Air Tanah Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan)

Disusun dan diajukan oleh

MUH. ASRAFIL

D62114307



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS SEBARAN AKUIFER MENGGUNAKAN METODE
GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI
ELEKTRODA *SCHLUMBERGER***

(Studi Kasus: Air Tanah Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan)

Disusun dan diajukan oleh

MUH. ASRAFIL

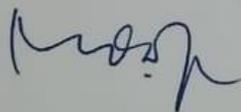
D62114307

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 20 September 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T.

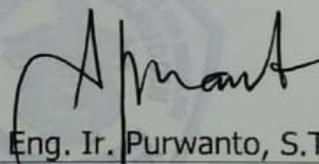
NIP. 196807181993091001



Andi Arumansawang, ST., M.Sc

NIDK. 8911400020

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Purwanto, S.T., M.T.

NIP. 197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Asrafil
NIM : D62114307
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Sebaran Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas
Konfigurasi Elektroda *Schlumberger*
(Studi Kasus: Air Tanah Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan)

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 20 September 2021

Yang menyatakan



Muh. Asrafil

ABSTRAK

Kecamatan Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai cenderung mengalami kekeringan di musim kemarau sehingga warga kesulitan mendapatkan air. Hal ini disebabkan oleh sumber air semakin surut dan mengering. Beberapa sumber mata air juga mulai mengecil debit airnya sehingga kurang mencukupi kebutuhan air bagi warga dalam kesehariannya. Untuk mengatasi masalah tersebut, masyarakat perlu mencari sumber air yang lain, salah satunya adalah sumber airtanah. Keberadaan airtanah pada suatu daerah tidak terlepas dari kondisi lapisan geologi bawah permukaan daerah tersebut. Airtanah tersimpan dalam lapisan akuifer, yaitu lapisan yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang cukup. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan menganalisis persebaran akuifer pada daerah penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi elektroda *Schlumberger*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur dengan data sekunder dan data primer berdasarkan survei dan analisis data geolistrik. Setelah dilakukan interpretasi resistivitas terhadap keadaan geologi lokal dan pemodelan penampang, didapatkan dua jenis akuifer yaitu akuifer bebas dan akuifer tertekan. Akuifer bebas berada pada titik pengukuran GL.1, GL.2, GL.4, GL.7 dan GL.8 sedangkan akuifer tertekan berada pada titik pengukuran GL.6, GL.8 dan GL.9. Dilihat dari kontur persebaran akuifer, lapisan akuifer bebas diprediksi mengarah ke timur laut, sedangkan akuifer tertekan diprediksi mengarah ke barat daya. Lapisan akuifer mendominasi pada kedalaman 5 m hingga 50 m dibawah permukaan tanah, berdasarkan persebaran nilai resistivitas semu untuk beberapa kedalaman.

Kata Kunci: Akuifer; resistivitas; geolistrik; *schlumberger*, Sinjai Utara.

ABSTRACT

North Sinjai District, Sinjai Regency tends to suffer from drought in the dry season so that residents have difficulty in getting water. It's due to the water sources are increasingly receding and drying up. Some springs have also begun to reduce their water discharge, making them inadequate for the resident's daily water needs. To solve this problem, the residents needs to look for another water sources, one of which is groundwater source. The existence of groundwater in an area cannot be separated from the condition of the subsurface geological layer of the area. Groundwater is stored in the aquifer layer, which is a layer that has the ability to store and pass water in sufficient quantities. This study aims to determine and analyze the distribution of aquifers in the study area using the geoelectric resistivity method of Schlumberger electrode configuration. The method used in this research are literature study with secondary data and primary data based on surveys and geoelectric data analysis. After interpreting the resistivity of the local geological conditions and modeling the stratigraphic cross-section, two types of aquifers were obtained, namely unconfined aquifers and confined aquifers. Unconfined aquifers are located at measurement points GL.1, GL.2, GL.4, GL.7 and GL.8 while the confined aquifers are at measurement points GL.6, GL.8 and GL.9. Based on contours of the aquifer, the unconfined aquifer layer is predicted to spread to the northeast, while the confined aquifer is predicted to spread to the southwest. The aquifer layer dominates at a depth of 5 m to 50 m below the ground surface, based on the distribution of apparent resistivity values for several depths.

Keywords: Aquifer; resistivity; geoelectric; schlumberger; North Sinjai.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabillalamin, tiada kata yang patut penulis ucapkan selain puja dan puji syukur kehadapan Allah SWT yang telah menganugraahkan iman, islam, ilmu dan semangat kepada penulis. Selanjutnya salam dan shalawat kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai panutan penulis dan umat dalam menjalani kehidupan.

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr.Eng.Ir. Muhammad Ramli, M.T., selaku pembimbing I dan Ibu Andi Arumansawang S.T., M. Sc. selaku pembimbing II yang tak henti-hentinya memberikan dukungan dan bimbingannya dengan penuh kesabaran. Kepada Bapak Dr.phil.nat. Sri Widodo, ST., MT. dan Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis.

Tak lupa pula ucapan terima kasih untuk kedua orang tua tercinta, serta keluarga atas semua dukungannya baik moril, materil serta doa restu yang senantiasa tiada hentinya yang menjadi sumber semangat bagi penulis sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Teman-teman seperjuangan PILLAR 2014 dan teman-teman anggota Laboratorium Hidrologi dan Lingkungan Tambang, Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan banyak bantuan dan saran-sarannya selama penulis mengerjakan penelitian ini.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Kritik dan saran sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pembaca.

Gowa, 13 September 2021

Muh. Asrafil

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Tahapan Penelitian.....	4
1.6 Lokasi Penelitian	6
BAB II HIDROGEOLOGI DAN GEOLISTRIK	7
2.1 Air Tanah	9
2.2 Akuifer	11
2.3 Metode Geolistrik	17
2.4 Tahanan Jenis.....	24

2.5	Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Tahapan Pendahuluan	29
3.2	Pengambilan Data	29
3.3	Pengolahan Data.....	333
BAB IV ANALISIS SEBARAN AKUIFER		433
4.1	Kondisi Daerah Penelitian.....	433
4.2	Interpretasi Data Geolistrik.....	455
4.3	Hubungan Antar Titik Pengukuran Geolistrik.....	655
4.4	Kontur Persebaran Akuifer.....	70
4.5	Persebaran Resistivitas Semu	733
BAB V PENUTUP.....		777
5.1	Kesimpulan.....	777
5.2	Saran.....	777
DAFTAR PUSTAKA		788
LAMPIRAN.....		811

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Tahapan Penelitian	5
1.2 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian.....	6
2.1 Siklus Hidrologi.....	9
2.2 Lapisan Akuifer.....	12
2.3 Penyebaran Vertikal Air Tanah	14
2.4 Akuifer Bebas	15
2.5 Akuifer Tertekan	15
2.6 Akuifer Setengah Tertekan	16
2.7 Akuifer Menggantung	16
2.8 Sistem Kerja Metode Geolistrik Resistivitas	18
2.9 Konfigurasi <i>Wenner</i>	19
2.10 Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	20
2.11 Konfigurasi <i>Dipole dipole</i>	21
2.12 Alat Pengukur Resistivitas Batuan.....	23
2.13 Kisaran Tahanan Jenis Sebagian Material Bumi	26
2.14 Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	28
3.1 Hasil Perangkaian Alat <i>Resistivimeter</i>	32
3.2 Tampilan Awal Software <i>Ipi2win</i>	34
3.3 Data <i>Excel</i> Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	35
3.4 Penginputan data Excel ke <i>Ipi2win</i>	35
3.5 Kurva Awal Hasil Penginputan Data pada <i>Ipi2win</i>	35
3.6 Penyimpanan Data yang telah Diinput.....	36
3.7 Kurva Hasil <i>Running</i> pada <i>Software Ipi2win</i>	36

3.8	Kurva Hasil Perbaikan.....	37
3.9	Menu Utama Strater	38
3.10	Penginputan Data Hasil Interpretasi <i>Ipi2win</i>	38
3.11	Tampilan Litologi Stasiun.....	39
3.12	Menu Awal Pembuatan <i>Cross Section</i>	39
3.13	Sebaran Titik Pengambilan Data	40
3.14	Penginputan Data	40
3.15	Contoh Model Sebaran Akuifer	41
3.16	Bagan Alir Penelitian	42
4.1	Peta Geologi Daerah Penelitian.....	43
4.2	Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian	44
4.3	Kurva Hasil Pengolahan Data GL.1.....	46
4.4	Hasil Interpretasi Data GL.1.....	47
4.5	Hasil Interpretasi Litologi GL.1	48
4.6	Hasil Interpretasi Data GL.2.....	49
4.7	Hasil Interpretasi Litologi GL.2	50
4.8	Hasil Interpretasi Data GL.3.....	51
4.9	Hasil Interpretasi Litologi GL.3	52
4.10	Hasil Interpretasi Data GL.4.....	53
4.11	Hasil Interpretasi Litologi GL.4	54
4.12	Hasil Interpretasi Data GL.5.....	55
4.13	Hasil Interpretasi Litologi GL.5	56
4.14	Hasil Interpretasi Data GL.6.....	57
4.15	Hasil Interpretasi Litologi GL.6	58
4.16	Hasil Interpretasi Data GL.7.....	59
4.17	Hasil Interpretasi Litologi GL.7	60

4.18	Hasil Interpretasi Data GL.8.....	61
4.19	Hasil Interpretasi Litologi GL.8	62
4.20	Hasil Interpretasi Data GL.9.....	63
4.21	Hasil Interpretasi Litologi GL.9	64
4.22	Peta Cross Section Pengukuran Geolistrik.....	65
4.23	Hubungan Titik Pengukuran GL.3-GL.1-GL.4.....	66
4.24	Hubungan Titik Pengukuran GL.8-GL.7-GL.3-GL.5	68
4.25	Hubungan Titik Pengukuran GL.9-GL.6-GL.2-GL.1-GL.5.....	70
4.26	Kontur Persebaran <i>Top</i> Akuifer Pertama.....	71
4.27	Kontur Persebaran <i>Bottom</i> Akuifer Pertama	71
4.28	Kontur Persebaran <i>Top</i> Akuifer Kedua.....	71
4.29	Kontur Persebaran <i>Bottom</i> Akuifer Kedua.....	71
4.30	Hubungan Lapisan <i>Top</i> dan <i>Bottom</i> Akuifer Pertama	72
4.31	Hubungan Lapisan <i>Top</i> dan <i>Bottom</i> Akuifer Kedua	72
4.32	Persebaran Resistivitas Kedalaman 5 m.....	72
4.33	Persebaran Resistivitas Kedalaman 10 m.....	73
4.34	Persebaran Resistivitas Kedalaman 50 m.....	73
4.35	Persebaran Resistivitas Kedalaman 75 m.....	74
4.36	Persebaran Resistivitas Kedalaman 100 m	75
4.37	Persebaran Resistivitas Kedalaman 150 m	75

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Nilai Tahanan Jenis Sebagian Material Bumi	25
4.1 Lokasi dan Formasi Pengukuran Geolistrik	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Peta Tunjuk Lokasi Penelitian	82
B Peta Geologi Lokasi Penelitian.....	84
C Peta Hidrogeologi Lokasi Penelitian.....	86
D Tabel Data Hasil Pengukuran Lapangan	88
E Dokumentasi Lapangan	98
F Lembar Asistensi	102

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi setiap makhluk hidup, dimana setiap makhluk hidup tidak dapat terlepas dari ketergantungannya terhadap air. Air digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup orang banyak, seperti air minum, rumah tangga, industri, irigasi, pertambangan, perkotaan dan lainnya. Pemenuhan kebutuhan air kebanyakan dilakukan dengan memanfaatkan sumber airtanah. Diperkirakan 70% kebutuhan air bersih penduduk dan 90% kebutuhan air industri berasal dari airtanah (Darsono *et al.*, 2017).

Dalam pemanfaatannya, air mengalami berbagai permasalahan di berbagai daerah termasuk di Kecamatan Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai. Ketersediaan air tidak selalu sesuai dengan waktu dan jumlah yang dibutuhkan, terutama pada saat musim kemarau tiba. Pada musim kemarau, sumber air permukaan berkurang bahkan sumur-sumur galian warga yang ada di perkampungan mengering. Untuk mengatasi masalah tersebut masyarakat Kecamatan Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai perlu mencari sumber air yang lain, salah satunya adalah sumber airtanah yang dapat dibuat menjadi sumur bor yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari jika sumur galian warga mengering.

Keberadaan airtanah pada suatu daerah tidak terlepas dari kondisi lapisan geologi bawah permukaan daerah tersebut. Airtanah tersimpan dalam suatu wadah (akuifer), yaitu lapisan tanah yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang cukup (Sri dan Totok, 2008). Untuk mengetahui

potensi keberadaan airtanah, perlu diketahui bentuk lapisan geologi bawah permukaan, sehingga persebaran lapisan akuifer pada daerah penelitian dapat dianalisis.

Salah satu usaha untuk mengetahui persebaran lapisan akuifer dalam menentukan potensi ketersediaan airtanah dapat dilakukan dengan melakukan survei geofisika. Terdapat beberapa metode geofisika dalam melakukan eksplorasi air tanah, diantaranya yaitu metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan salah satu cara dalam eksplorasi air tanah dengan melakukan pengukuran berdasarkan sifat-sifat listrik yaitu sifat tahanan jenis dari batuan di lapangan. Pada metode ini, masing-masing perlapisan batuan terpresentasikan oleh variasi nilai tahanan jenis. Nilai tahanan jenis setiap lapisan batuan ditentukan oleh faktor jenis material penyusunnya, kandungan air dalam batuan, sifat kimia air dan porositas batuan. Dengan mengetahui nilai tahanan jenis dari perlapisan batuan dapat dipelajari jenis material batuan dan kondisi air tanahnya.

Dalam metode geolistrik terbagi lagi menjadi, *Self potential (SP)*, *Elektromagnetic (EM)*, *Induced polarization (IP)* dan metode *Resistivity* (Tahanan Jenis). Metode geolistrik *resistivity* terdiri dari beberapa konfigurasi, diantaranya konfigurasi *Wenner*, *Schlumberger*, *Dipole-dipole* dan *Misse a La Masse*. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger*. Salah satu keunggulan dari konfigurasi ini memiliki jangkauan lebih dalam dibandingkan konfigurasi yang lain (Telford *et al.*, 1990) dan dapat digunakan dalam kondisi lapangan yang tidak terlalu sulit seperti kondisi lapangan yang luas dan datar (Hendrajaya, 1990).

Diharapkan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger*, hasil interpretasi dari data nilai tahanan jenis batuan, gambaran model bawah permukaan dan gambaran kontur dari nilai resistivitas semu maupun elevasi dapat memberikan informasi mengenai persebaran lapisan akuifer. Informasi ini dapat digunakan sebagai awal dilakukannya eksplorasi airtanah untuk pemenuhan kebutuhan air masyarakat pada daerah penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Ketersediaan air di daerah penelitian yang tidak mencukupi kebutuhan masyarakat pada musim kemarau mengakibatkan perlunya untuk mencari sumber-sumber air. Salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah airtanah. Untuk mengetahui potensi keberadaan airtanah perlu dilakukan analisis persebaran lapisan akuifer, karena lapisan akuifer yang mampu menyimpan dan meloloskan air. Metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger* digunakan untuk mengetahui persebaran lapisan akuifer pada kondisi lapangan yang cukup datar. Konfigurasi *Schlumberger* mampu mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan bawah permukaan. Sehubungan dengan keterbatasan data, penelitian ini hanya menginterpretasikan persebaran lapisan akuifer.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian dengan judul Analisis Sebaran Lapisan Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Elektroda *Schlumberger* bertujuan untuk:

1. Menentukan lapisan akuifer yang terdapat di bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas batuan yang disesuaikan dengan peta geologi maupun peta hidrogeologi daerah penelitian.
2. Menganalisis persebaran lapisan akuifer dari hasil interpretasi gambaran model bawah permukaan melalui penarikan garis penampang dan gambaran kontur dari nilai resistivitas semu dan elevasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai persebaran lapisan akuifer untuk kemudian dijadikan acuan penentuan lokasi eksplorasi airtanah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air alternatif bagi masyarakat.

1.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah tahapan yang dilakukan selama penelitian untuk menyelesaikan penelitian yang dilaksanakan. Penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Perumusan masalah

Perumusan masalah adalah tahapan untuk merumuskan konsep studi, konsep studi ini meliputi penentuan tema atau topik studi, mengidentifikasi dan merumuskan masalah, melakukan studi pendahuluan dan konstruksi hipotesis, serta menyusun rencana studi.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat hal-hal berkaitan dengan kegiatan penelitian yang dilakukan dan menjawab permasalahan yang telah dirumuskan dari tahap sebelumnya.

3. Pengambilan data

Pengambilan data merupakan tahap pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian serta hal-hal yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti. Data yang dikumpulkan adalah semua data yang mendukung penelitian baik berupa data primer maupun data sekunder.

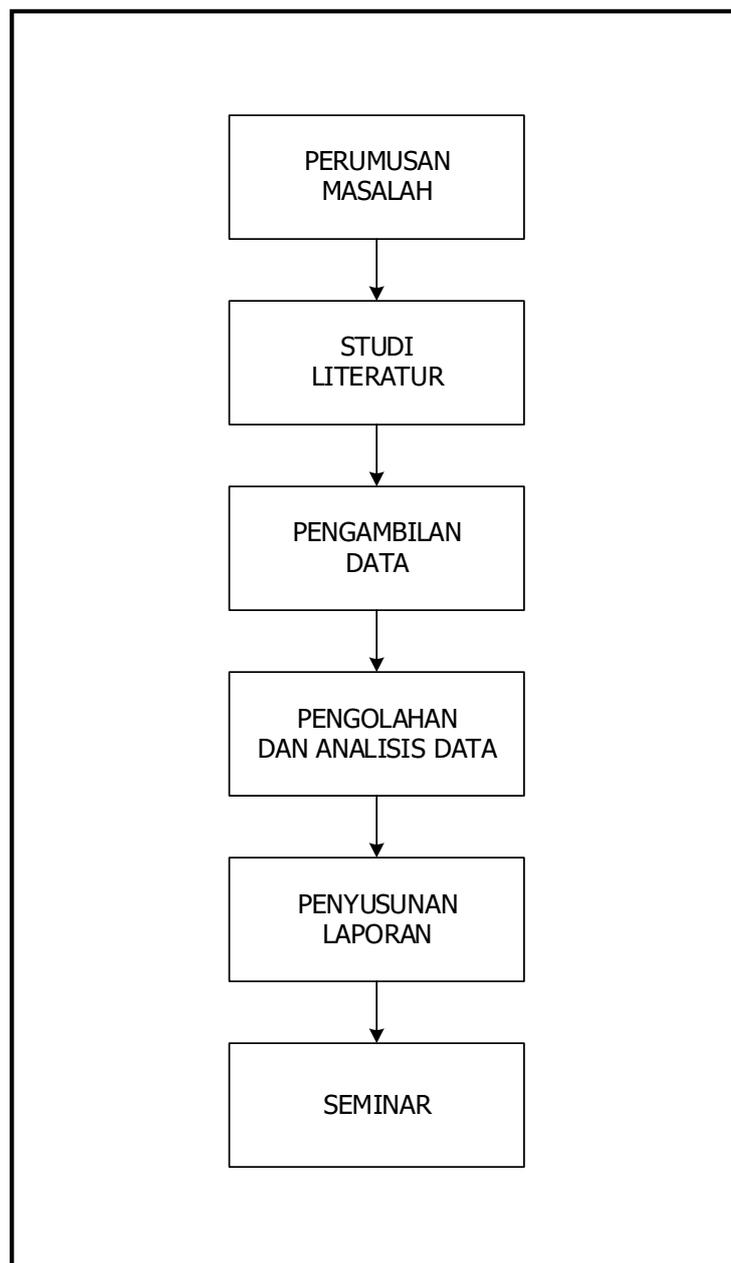
4. Pengolahan dan analisis data

Pengolahan data adalah suatu proses manipulasi dan pemrosesan data berdasarkan data yang dikumpulkan agar dapat digunakan untuk mencapai tujuan tertentu berdasarkan metodologi yang dilakukan secara ilmiah. Analisis data merupakan suatu upaya untuk mengolah data menjadi sebuah informasi untuk digunakan sebagai solusi dalam permasalahan maupun kesimpulan.

5. Penyusunan laporan

Keseluruhan data yang telah diperoleh, diolah, dianalisis, diakumulasikan kemudian dituangkan dalam bentuk *draft* laporan hasil penelitian dinamakan penyusunan laporan.

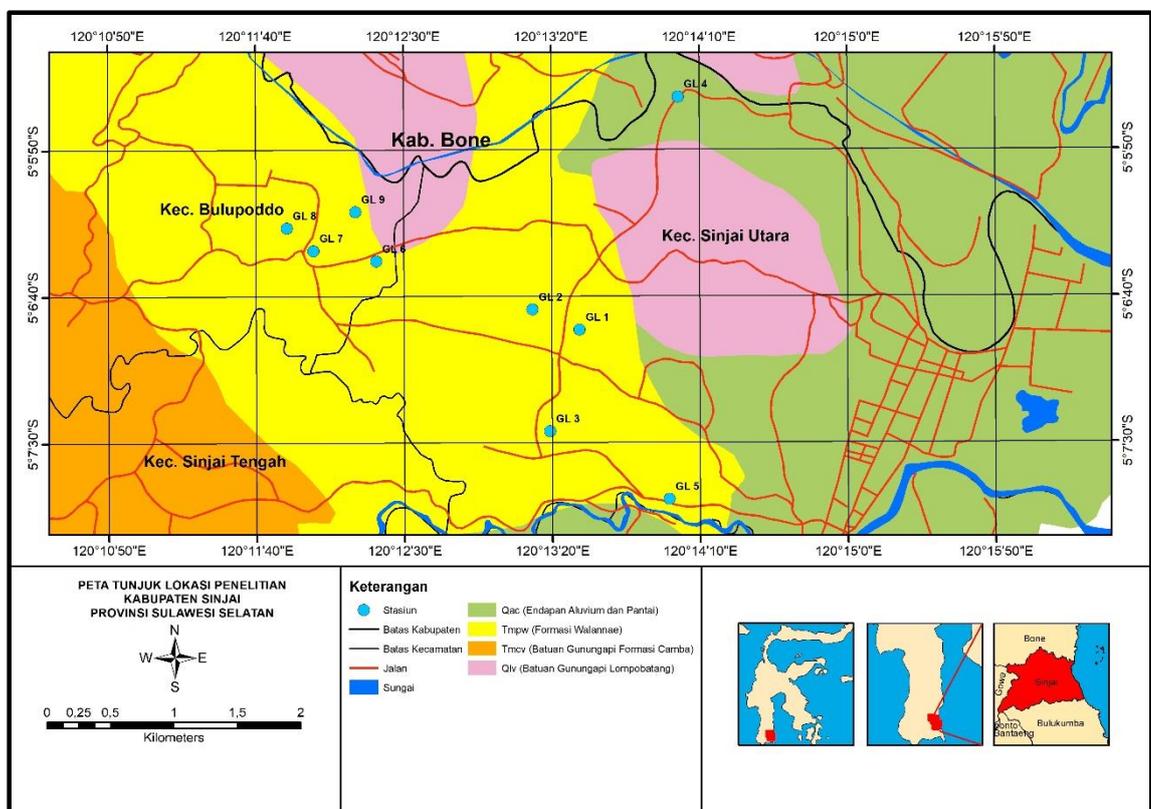
6. Seminar adalah tahapan akhir yang dilakukan dalam penelitian. Hasil penelitian yang telah berbentuk skripsi akan dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian sidang.



Gambar 1.1 Tahapan Penelitian

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis, Kabupaten Sinjai terletak antara $5^{\circ}2'56''$ - $5^{\circ}21'16''$ Lintang Selatan dan $119^{\circ}56'30''$ - $120^{\circ}25'33''$ Bujur Timur. Berdasarkan posisi geografis, Kabupaten Sinjai memiliki batas-batas sebagai berikut: di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Bone, di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Gowa, di sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Bulukumba dan Kabupaten Bantaeng, sedangkan di sebelah timur berbatasan langsung dengan Teluk Bone. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

BAB II

HIDROGEOLOGI DAN GEOLISTRIK

Hidrogeologi adalah cabang hidrologi yang berhubungan dengan air tanah dan didefinisikan sebagai ilmu tentang keterdapatannya, penyebarannya dan pergerakannya di bawah permukaan bumi (Chow, 1988). Hidrogeologi mempunyai makna yang sama akan tetapi penekanannya lebih besar dalam aspek kegeologian (Todd dan Mays, 2004).

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air mengalami evaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk air hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju, hujan gerimis atau kabut.

Pada perjalanan menuju bumi, beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Secara ringkas dapat dijelaskan bahwa siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu sebagai berikut :

1. Presipitasi

Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan dari atmosfer ke permukaan bumi, dapat berupa hujan air, hujan es maupun salju. Presipitasi adalah faktor utama yang mengendalikan berlangsungnya daur hidrologi dalam suatu wilayah daerah aliran sungai (DAS). Keberlanjutan proses ekologi, geografi dan tata guna lahan dalam suatu wilayah DAS ditentukan oleh berlangsungnya proses hidrologi. Sekaligus juga sebagai pembatas bagi usaha pengelolaan sumber daya air permukaan dan sumber daya air tanah.

2. Evaporasi

Evaporasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap yang bergerak dari permukaan tanah, air dan tumbuhan ke udara. Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dan sebagainya kemudian akan menguap ke angkasa (atmosfer) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh, uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (*precipitation*) dalam bentuk hujan, salju dan es. Ketika air dipanaskan oleh sinar matahari, permukaan molekul-molekul air memiliki cukup energi untuk melepaskan ikatan molekul air dan kemudian terlepas dan mengembang sebagai uap air yang tidak terlihat di atmosfer.

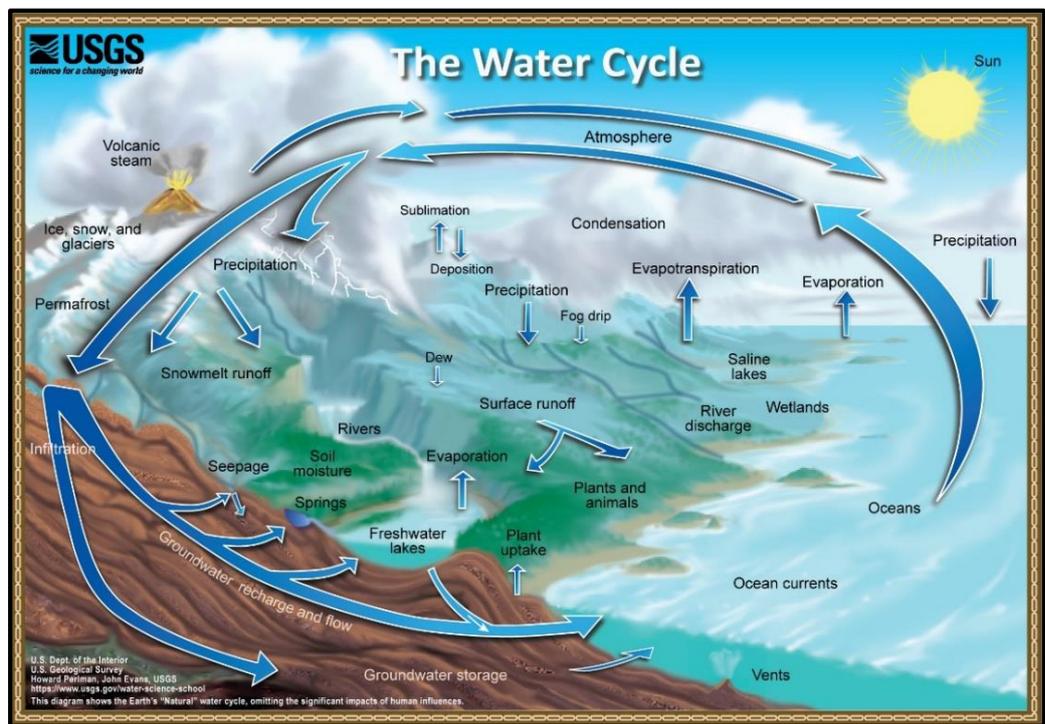
3. Infiltrasi atau perkolasi

Infiltrasi atau perkolasi adalah fenomena meresapnya air ke dalam tanah, air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan. Kecepatan infiltrasi cenderung menurun secara eksponensial pada saat hujan dan meningkat apabila curah hujan melebihi kapasitas infiltrasinya (Horton, 1933).

4. Larian Air Permukaan (*surface run off*)

Larian air permukaan terjadi diatas permukaan tanah yang dekat dengan aliran utama dan danau. Makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Air permukaan baik yang mengalir maupun yang tergenang, sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sisten daerah aliran sungai (DAS). Jumlah air di bumi secara keseluruhan relatif tetap,

yang berubah adalah wujud dan tempatnya. Aliran permukaan tanah dapat dilihat biasanya pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Howard Perlman dalam USGS, 2019)

2.1 Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (Permen ESDM 02 Tahun 2017). Menurut Herlambang (1996) air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer.

Air tanah bergerak dari atas ke bawah, air tanah juga bergerak dari bawah ke atas (gaya kapiler). Air tanah bergerak horisontal pada dasarnya mengikuti hukum hidrolika, air bergerak horisontal karena adanya perbedaan gradien hidrolis. Gerakan air

tanah mengikuti hukum Darcy dimana volume air tanah yang melalui batuan berbanding lurus dengan tekanan dan berbanding terbalik dengan tebal lapisan (Utaya, 1990).

Air tanah dan air permukaan merupakan sumber air yang mempunyai ketergantungan satu sama lain, air tanah adalah sumber persediaan air yang sangat penting; terutama di daerah-daerah dimana musim kemarau atau kekeringan yang panjang menyebabkan berhentinya aliran sungai. Banyak sungai dipermukaan tanah yang sebagian besar alirannya berasal dari sumber air tanah, sebaliknya juga aliran sungai yang merupakan sumber utama imbuhan air tanah.

Secara umum terdapat dua sumber air tanah yaitu air hujan yang meresap kedalam tanah melalui pori-pori atau retakan dalam formasi batuan yang akhirnya mengalir mencapai permukaan air tanah dan air dari aliran air permukaan diatas tanah seperti danau, sungai, reservoir dan lain sebagainya yang meresap melalui pori-pori tanah masuk kedalam lajur jenuh.

Berdasarkan sifat fisik lapisan batuan dan perlakuannya sebagai media aliran air, maka lapisan batuan tersebut dapat dibedakan menjadi 4 bagian yaitu (Asmaranto, 2012):

1. Akuifer (*aquifer*), lapisan batuan bawah permukaan yang dapat menyimpan dan melepaskan air dalam jumlah banyak. Contohnya, kerikil, pasir, batu kapur dan lainnya.
2. Akuitar (*aquitard*), lapisan batuan permeabel bawah permukaan yang dapat mengalirkan air dalam jumlah terbatas. Misalnya tampak adanya kebocoran-kebocoran atau rembesan yang terletak antara akuifer dan akuiklud.
3. Akuiklud (*aquiclude*), suatu lapisan yang mempunyai susunan batuan sedemikian rupa, sehingga dapat menampung air tetapi tidak dapat melepaskan air dalam jumlah yang cukup berarti. Hal ini terjadi dikarenakan nilai konduktivitasnya kecil sekali, misalnya lapisan lempung dan lapisan lumpur.

4. Akuifug (*aquifuge*), suatu lapisan yang mempunyai susunan batuan sedemikian rupa, sehingga tidak dapat menampung maupun melepaskan air (sama sekali kedap terhadap air), misalnya granit yang keras, kuarsit, lapisan batuan yang kompak atau batuan sedimen yang tersemen penuh.

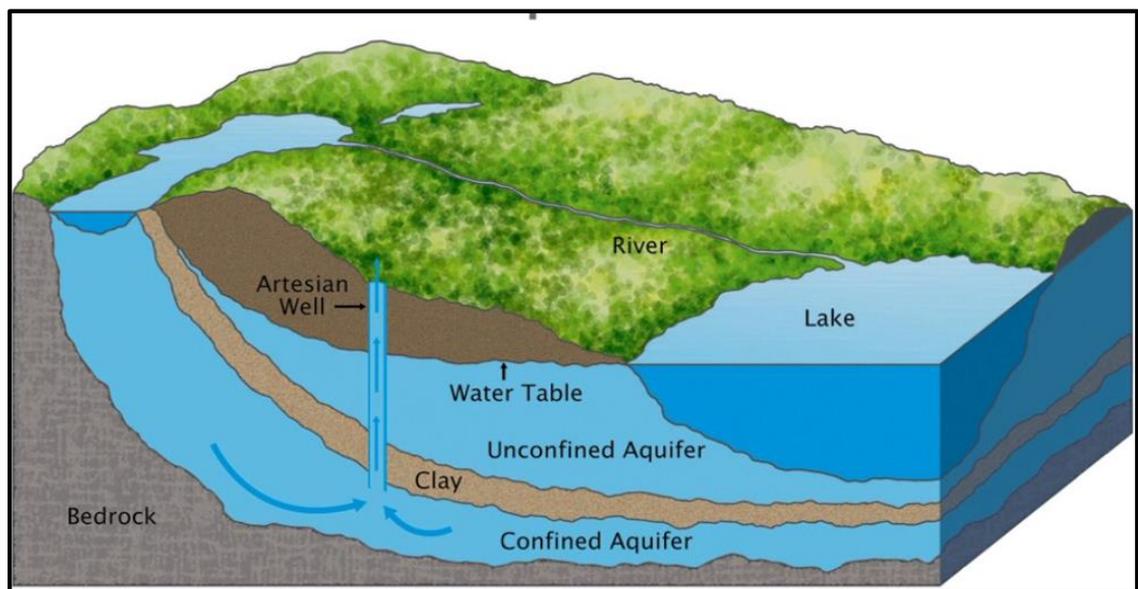
2.2 Akuifer

Formasi geologi yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah dalam jumlah yang berarti ke sumur-sumur atau mata air-mata air disebut akuifer. Lapisan pasir atau kerikil adalah salah satu formasi geologi yang dapat bertindak sebagai akuifer. Hal ini disebabkan karena lapisan tersebut bersifat permeable yang mampu mengalirkan air baik karena adanya pori-pori pada lapisan tersebut ataupun memang sifat dari lapisan batuan tertentu. Todd (2004) menyatakan bahwa akuifer berasal dari bahasa latin yaitu *aqui* dari kata *aqua* yang berarti air dan kata *ferre* yang berarti membawa, jadi akuifer adalah lapisan pembawa air. Herlambang (1996) menyatakan bahwa akuifer adalah lapisan tanah yang mengandung air, di mana air ini bergerak di dalam tanah karena adanya ruang antar butir-butir tanah.

Akuifer merupakan tubuh batuan atau *regolith* tempat air tanah yang terletak dalam zona saturasi. Tubuh batuan sebagai pembawa air, materialnya haruslah mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi, dapat berupa batuan lempung, pasir, batu pasir pada formasi endapan aluvial. Formasi yang sama sekali tidak tembus air disebut lapisan kedap air atau akuiklud. Formasi tersebut mengandung air tetapi tidak memungkinkan adanya gerakan air yang melaluinya (Unib, 2006).

Aliran air tanah sering kali melewati suatu lapisan akuifer yang di atasnya memiliki lapisan penutup yang bersifat kedap air (*impermeable*) hal ini mengakibatkan perubahan tekanan antara air tanah yang berada di bawah lapisan tanah penutup.

Akuifer yang permukaannya terapat dengan permukaan air dan berhubungan langsung dengan atmosfer dinamakan air tanah bebas (*unconfined aquifer*) atau akuifer yang tidak mempunyai batas, dan akuifer yang dibatasi oleh aquiklud disebut air tanah tertekan (*confined aquifer*) (Manawu *et al.*, 2017). Jumlah air tanah yang dapat diperoleh di setiap daerah tergantung pada sifat-sifat akuifer yang ada di bawahnya. Akuifer atau lapisan permeabel adalah batuan yang mempunyai susunan yang dapat mengalirkan air (Indarto, 2012).



Gambar 2.2 Lapisan Akuifer (Asmaranto, 2012)

Akuifer mempunyai dua fungsi penting, yaitu sebagai penyimpan seperti sebuah waduk dan sebagai penyalur air seperti jaringan pipa. Dua sifat yang berhubungan dengan fungsinya sebagai penyimpan adalah porositas (*porosity*) dan permeabilitas. Proses pencarian akuifer bertujuan agar dapat mendeteksi keberadaan sumber air, yang dideteksi adalah keberadaan lapisan akuifer di daerah tersebut. Lapisan akuifer di dalam tanah tidak dapat terlihat secara langsung dari permukaan, keberadaan akuifer untuk tempat yang berbeda kondisinya juga berbeda (kedalaman dan ketebalan), kadang di suatu tempat sulit ditemukan lapisan akuifer tetapi di sisi lain juga terdapat daerah yang mudah dalam menemukan akuifer.

Menurut Asmaranto (2012), distribusi air tanah secara vertikal dibawah permukaan tanah dibagi dalam beberapa zona yaitu:

1. Zona Jenuh

Pada zona jenuh (*Zone of Saturation*) semua rongga-rongga atau pori-pori berisi air. Bagian bawah dari zona jenuh merupakan lapisan kedap air, zona jenuh dapat berupa tanah liat atau batuan dasar (*bedrock*). Air yang berada dalam zona jenuh dinamakan air tanah. Air yang terkumpul dalam zona ini adalah air yang ditahan oleh lapisan setempat terhadap gaya gravitasi (Bisri, 1991).

2. Zona Tidak Jenuh

Zona tidak jenuh (*zone of aeration*) terletak di atas zona jenuh sampai ke permukaan tanah, sedangkan air yang berada di dalam zona tidak jenuh dinamakan air mengambang atau air dangkal. Zona tidak jenuh terdiri dari zona dangkal, zona antara dan zona kapiler. Besarnya masing-masing zona tersebut serta distribusi air dalam masing-masing zona itu diuraikan sebagai berikut (Asmaranto, 2012):

a. Zona Kapiler

Zona kapiler (*Capillary Zone*) berada diantara permukaan air tanah sampai ke batas kenaikan kapiler air. Peneliti terdahulu telah mempelajari kenaikan dan distribusi air dalam zona kapiler dari sudut media berpori. Jika ruang porinya dapat diandaikan sebagai pipa kapiler dengan kenaikan kapiler, makin tinggi kenaikannya di atas permukaan air tanah maka besar kadar kejenuhannya makin menurun.

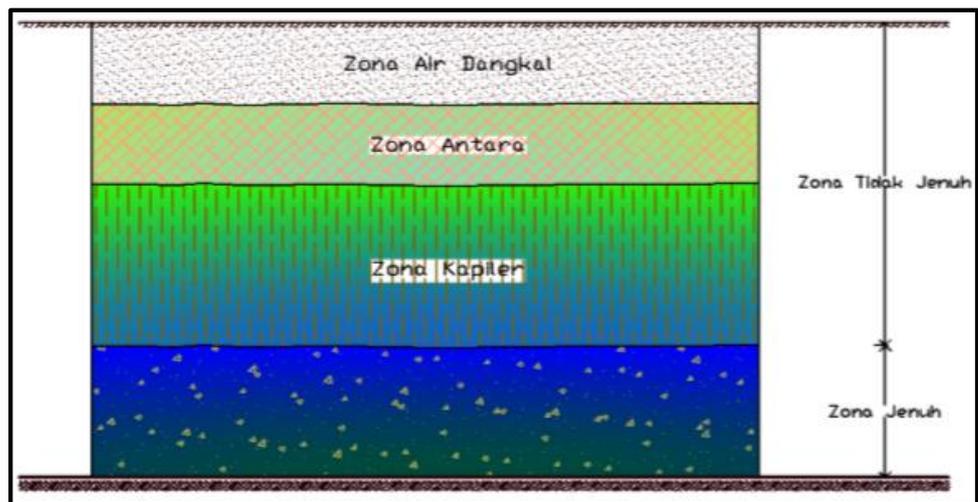
b. Zona Antara

Zona antara (*Intermediate Vadose Zone*) terletak di antara batas bawah zona air dangkal sampai dengan batas atas zona kapiler. Tebal dari zona

antara sangat beragam, zona antara berguna untuk mengalirkan air ke bawah, sampai ke muka air tanah.

c. Zona Air Dangkal

Zona air dangkal (*Soil Water Zone*) dimulai dari permukaan tanah sampai ke zona perakaran utama (*major root zone*). Tanah di zona air dangkal dalam keadaan tidak jenuh, kecuali bila terdapat banyak air di permukaan tanah yang berasal dari curah hujan dan irigasi.

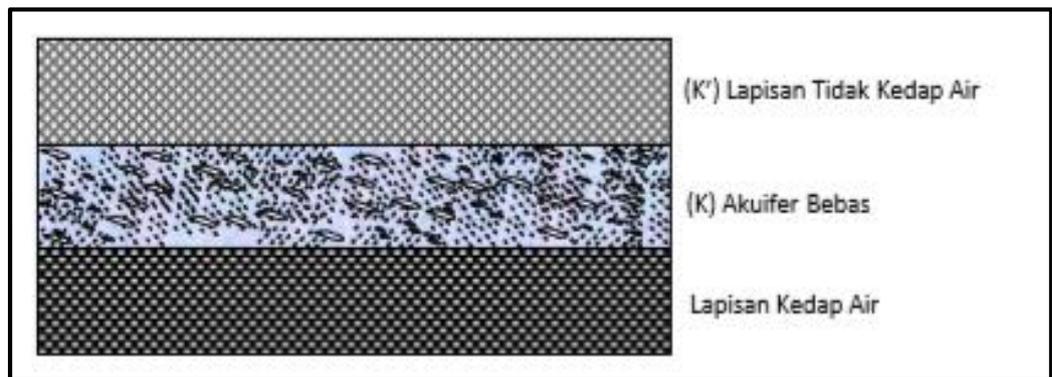


Gambar 2.3 Penyebaran Vertikal Air Tanah (Asmaranto, 2012)

Berdasarkan susunan lapisan geologi (litologinya) dan besarnya koefisien kelulusan air (K), akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam (Suharyadi, 1984) yaitu: Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*), Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*), Akuifer Setengah Tertekan (*Semiconfined Aquifer*), Akuifer Menggantung (*Perched Aquifer*)

1. Akuifer bebas

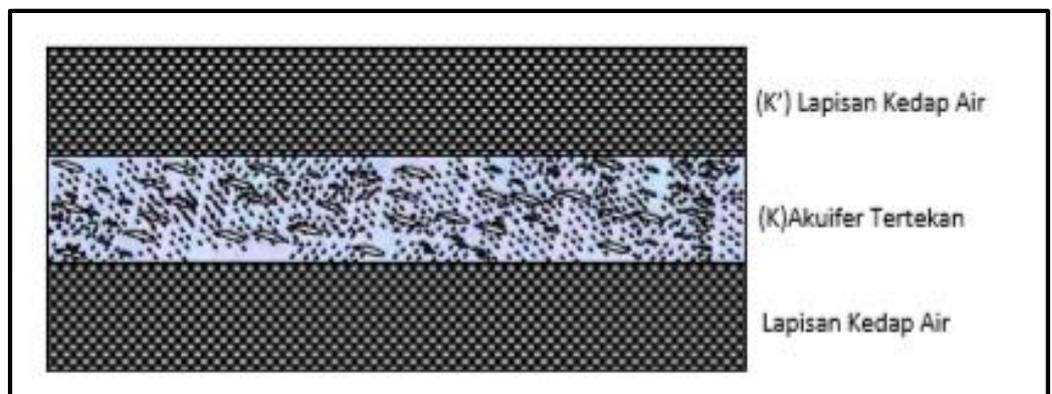
Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*) merupakan akuifer yang hanya memiliki satu lapisan pembatas kedap air yang terletak dibagian bawahnya, dengan kata lain muka air tanah merupakan bidang batas sebelah atas daripada daerah jenuh air. Akuifer ini disebut juga sebagai *phreatic aquifer*, sedangkan nilai (K') = (K) (Suharyadi, 1984).



Gambar 2.4 Akuifer Bebas (Suharyadi, 1984)

2. Akuifer tertekan

Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*) merupakan suatu akuifer jenuh air yang pada lapisan atas dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Lapisan pada pembatasnya dipastikan tidak terdapat air yang mengalir (*no flux*). Akuifer ini memiliki tekanan air yang lebih besar daripada tekanan atmosfer, oleh karena itu akuifer ini disebut juga dengan *pressure aquifer*. Akuifer tertekan berada dibawah muka air tanah. Nilai $(K') = 0$, $(K) > (K')$ (Suharyadi, 1984). Air di dalam akuifer ini disebut air artesis (*artesian water*).

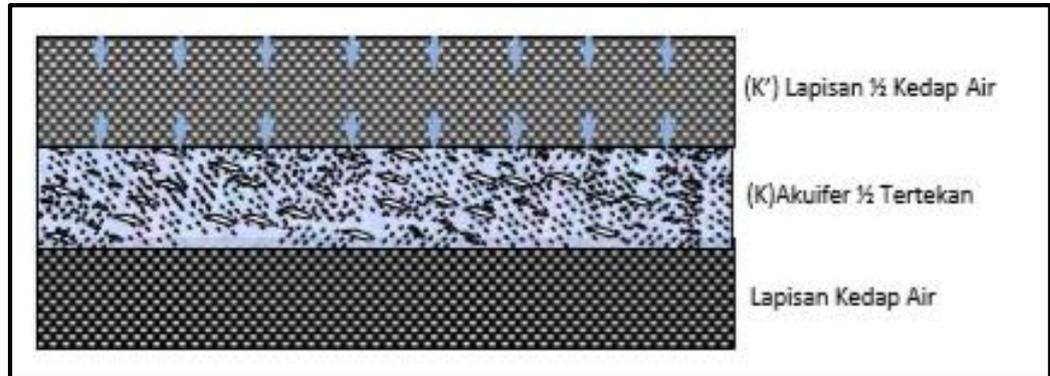


Gambar 2.5 Akuifer tertekan (Suharyadi, 1984)

3. Akuifer setengah tertekan

Akuifer setengah tertekan (*Semiconfined Aquifer*) ialah suatu akuifer jenuh air, dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air dan pada bagian bawah dibatasi oleh lapisan kedap air. Lapisan pada pembatas yang terletak

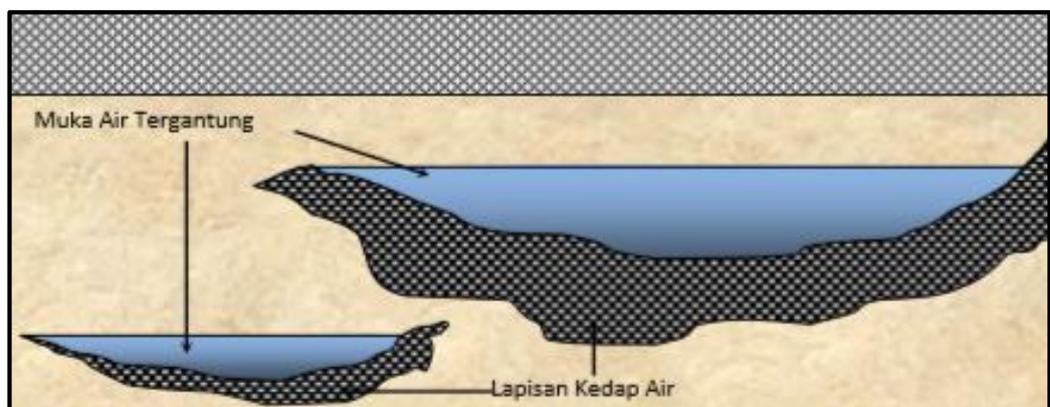
dibagian atas dimungkinkan masih terdapat air yang mengalir ke akuifer tersebut. Akuifer ini disebut juga dengan *leaky-artesian aquifer* (Suharyadi, 1984).



Gambar 2.6 Akuifer setengah tertekan (Suharyadi, 1984)

4. Akuifer menggantung

Akuifer menggantung (*Perched Aquifer*) merupakan akuifer yang massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk. Pemisahan oleh suatu lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak diatas daerah jenuh air. Umumnya akuifer ini terletak di atas suatu lapisan formasi geologi yang kedap air. dibawahnya (Suharyadi, 1984).



Gambar 2.7 Akuifer menggantung (Suharyadi, 1984)

2.3 Metode Geolistrik

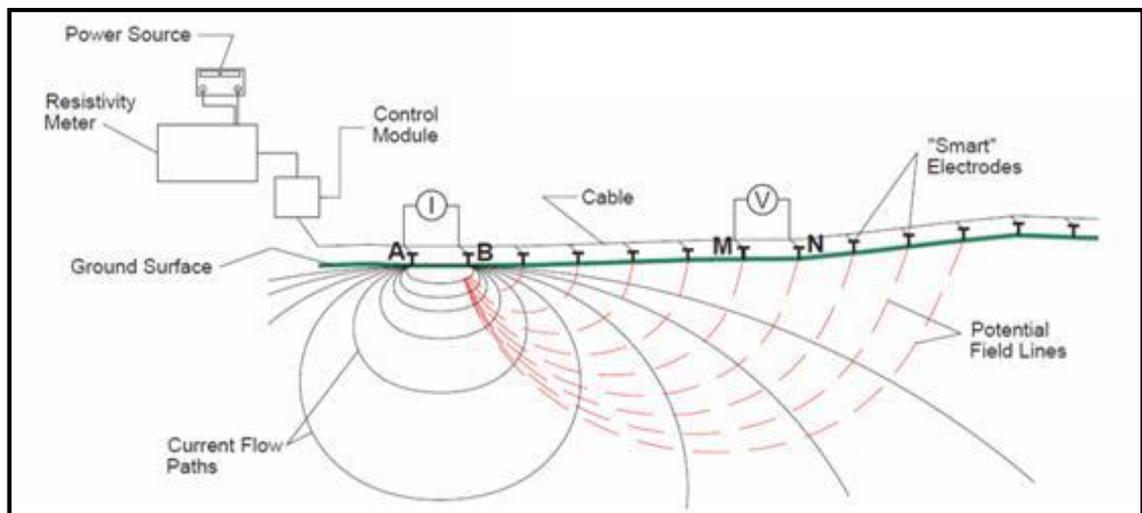
Metode utama dalam survey geofisika air tanah yang efektif adalah metode survey geolistrik, metode survey elastis dan metode radioaktif. Metode survey geolistrik yang paling efektif adalah metode tahanan jenis (*resistivity method*). Metode ini menggunakan perbedaan tahanan jenis berdasarkan jenis batuan, banyaknya rongga dan kondisi kandungan air pada lapisan batuan. Geolistrik adalah satu metode geofisika yang menganalisa bumi dari sifat kelistrikannya, karena azas kelistrikan berlaku pada lapisan batuan bawah tanah dalam arti bahwa hukum fisika tentang listrik dapat diterapkan pada listrik yang terdapat dalam lapisan batuan. Batuan adalah jenis material sehingga batuan juga memiliki karakteristik listrik. Sebuah batu akan memberikan respon yang berbeda ketika arus diinjeksi ke bawah permukaan (Massinai *et al.*, 2013).

Berdasarkan hal tersebut dapat diperkirakan klasifikasi lapisan batuan maupun struktur bawah tanah, sehingga gambaran air tanah dapat dipahami. Hal ini disebabkan karena pada lapisan batuan bawah permukaan terdiri atas butiran dan pori-pori yang berisi fluida. Butiran tersebut adalah mineral mineral yang mempunyai komposisi kimia khusus. Fluida yang mengisi pori-pori tersebut melarutkan sebagian dari mineral-mineral sehingga fluida tersebut bersifat elektrolit atau mampu menghantarkan arus listrik. Hal ini yang kemudian dimanfaatkan dalam metode geolistrik. Metode resistivitas dengan konfigurasi sebagai salah satu bagian dari metode geolistrik dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan serta kondisi bawah permukaan secara lateral (Pratama, 2013).

Metode resistivitas pada dasarnya adalah pengukuran harga resistivitas (tahanan jenis) batuan. Prinsip kerja metode ini adalah dengan menginjeksikan arus ke bawah permukaan bumi sehingga diperoleh beda potensial, yang kemudian akan didapat informasi mengenai tahanan jenis batuan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan

keempat elektroda yang disusun sebaris, salah satu dari dua buah elektroda yang berbeda muatan digunakan untuk mengalirkan arus ke dalam tanah, dan dua elektroda lainnya digunakan untuk mengukur tegangan yang ditimbulkan oleh aliran arus tadi, sehingga resistivitas bawah permukaan dapat diketahui.

Resistivitas batuan adalah fungsi dari konfigurasi elektroda dan parameter-parameter listrik batuan. Arus yang dialirkan di dalam tanah dapat berupa arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC) berfrekuensi rendah. Untuk menghindari potensial spontan, efek polarisasi dan menghindarkan pengaruh kapasitansi tanah yaitu kecenderungan tanah untuk menyimpan muatan maka biasanya digunakan arus bolak-balik yang berfrekuensi rendah (Bhattacharya dan Patra, 1968).



Gambar 2.8 Sistem Kerja Metoda Geolistrik Resistivitas (Todd, 2004)

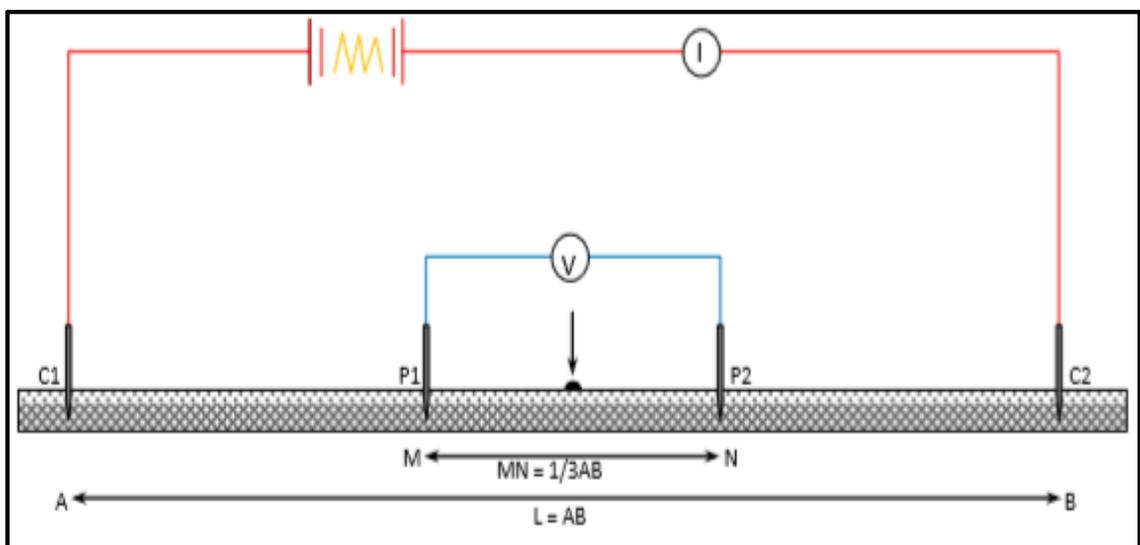
Terdapat beberapa konfigurasi elektroda yang biasanya digunakan yaitu konfigurasi elektroda *Wenner*, *Schlumberger* dan *Dipole-dipole* (Okpoli, 2013). Konfigurasi elektroda *Wenner* dan *Schlumberger* digunakan dalam pelaksanaan di lapangan yang tidak terlalu sulit (cukup datar dan luas) dan penetrasi arus yang tidak terlalu dalam. Pada bentangan yang tidak merata serta penetrasi arus yang dalam, maka digunakanlah konfigurasi elektroda *Dipole-dipole*. Konfigurasi elektroda *Dipole dipole* sangat jarang digunakan karena pengaturannya yang lebih sulit (Hendrajaya dan

Arif, 1990). Berikut penjelasan konfigurasi *Wenner*, *Schlumberger* dan *Dipole dipole* (Asmaranto, 2012):

1. Konfigurasi *Wenner*

Konfigurasi *Wenner* dikembangkan oleh *Wenner* di Amerika yang keempat buah elektrodanya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Jarak MN pada konfigurasi *Wenner* selalu sepertiga ($1/3$) dari jarak AB. Bila jarak AB diperlebar, maka jarak MN juga harus diubah sehingga jarak MN tetap sepertiga jarak AB. Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB (Asmaranto,2012).

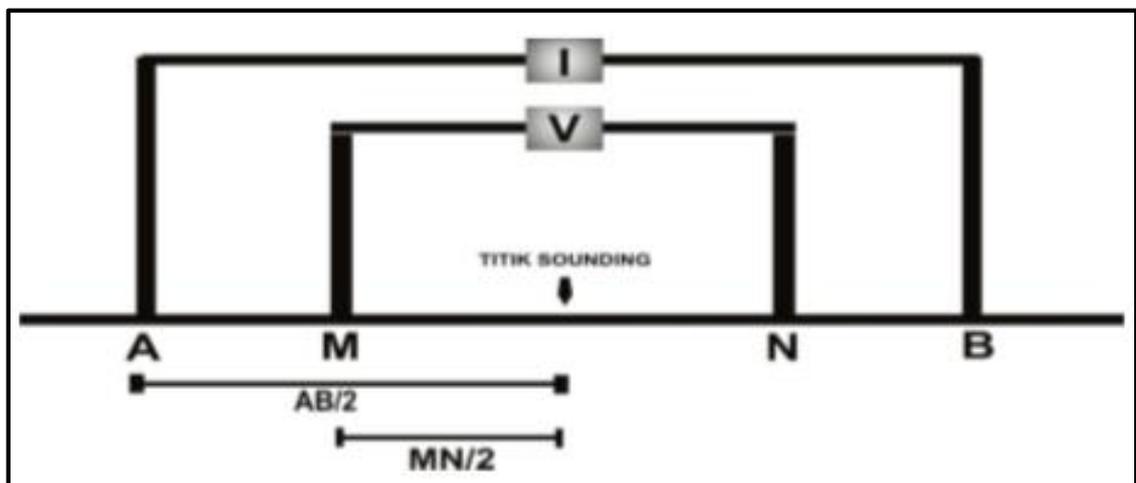
Data yang didapat dari cara konfigurasi *Wenner*, sangat sulit untuk menghilangkan faktor *non* homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat. Jarak elektroda C1 dan C2 (AB) dibuat tiga kali dari jarak antara dua elektroda potensial (MN). Titik duga terletak di tengah-tengah dengan arus listrik (I) dihubungkan antara arus listrik C1 dan C2 lalu dialirkan secara bertahap. Kemudian hasil pembacaan tegangan (V) diukur selisihnya antara kutub tegangan P1 dan P2 (Umar dan Jamaluddin, 2017).



Gambar 2.9 Konfigurasi *Wenner* (Asmaranto, 2012).

2. Konfigurasi *Schlumberger*

Prinsip konfigurasi *Schlumberger* idealnya jarak MN dibuat sekecil kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Karena keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahannya itu tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB (Karadima dan Barounis, 2011) seperti pada Gambar 2.10. Kelemahan dari konfigurasi *Schlumberger* adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN adalah lebih kecil terutama ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga diperlukan alat ukur multimeter yang mempunyai karakteristik *High Impedance* dengan mengatur tegangan minimal 4 digit atau 2 digit dibelakang koma, atau dengan cara peralatan arus yang mempunyai tegangan listrik *Direct Current* yang sangat tinggi (Karadima dan Barounis, 2011).



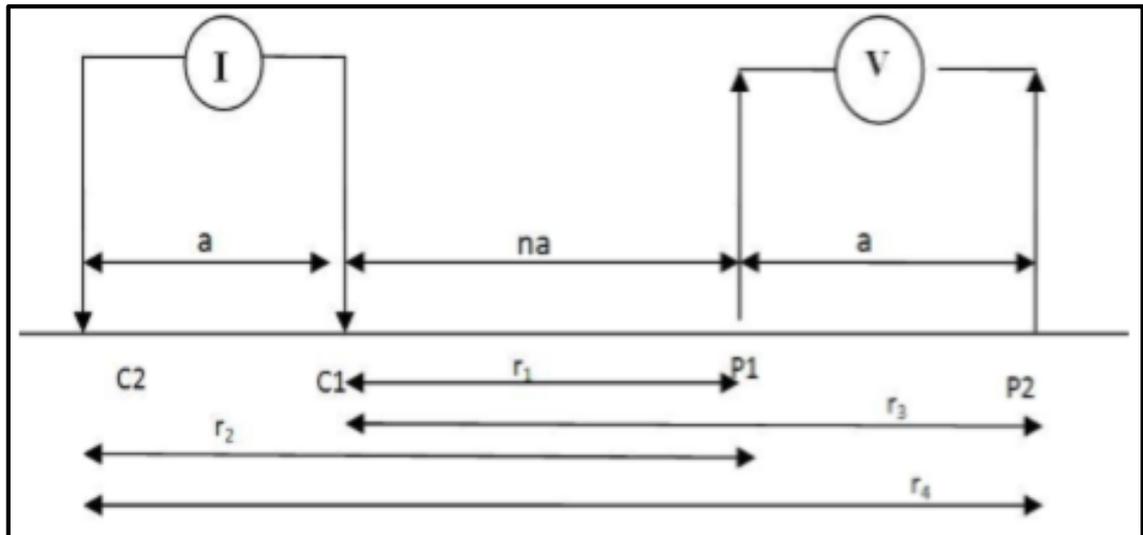
Gambar 2.10 Konfigurasi *Schlumberger* (Caga *et al.*, 2013).

Keunggulan dari konfigurasi *Schlumberger* adalah kemampuannya untuk mendeteksi adanya sifat tidak homogen lapisan batuan pada permukaan yaitu membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2 (Surdaryo dan Rohima, 2008). Konfigurasi *Schlumberger* diasumsikan M dan N digunakan sebagai elektroda potensial, A dan B sebagai elektroda arus. Konfigurasi elektroda *Schlumberger*, jarak elektroda arus jauh lebih besar dari jarak elektroda potensial. Secara garis besar aturan elektroda ini dapat dilihat pada Gambar 2.10,

sehingga diketahui bahwa jarak antar elektroda arus adalah $AB/2$, sedangkan jarak antar elektroda potensial adalah $MN/2$ (Caga *et al.*, 2013).

3. Konfigurasi *Dipole dipole*

Konfigurasi *Dipole dipole* sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak antar elektroda sama panjang seperti terlihat pada Gambar 2.11. Pada prinsipnya konfigurasi *dipole dipole* menggunakan 4 buah elektroda, yaitu pasangan elektroda arus yang disebut *current dipole* C1C2 dan pasangan elektroda potensial yang disebut *potential dipole* P1P2.



Gambar 2.11 Konfigurasi *Dipole dipole* (Asmaranto, 2012)

Pada konfigurasi *dipole dipole*, elektroda arus dan elektroda potensial bisa terletak tidak segaris dan tidak simetris, untuk menambah kedalaman penetrasi maka jarak *current dipole* dan *potential dipole* diperpanjang, sedangkan jarak elektroda arus dan elektroda potensial dibuat tetap. Hal ini merupakan keunggulan konfigurasi *dipole-dipole* dibandingkan dengan konfigurasi *Wenner* atau *Schlumberger*, karena tanpa memanjangkan kabel bisa mendeteksi batuan yang lebih dalam. Konfigurasi *Dipole dipole* lebih banyak digunakan dalam eksplorasi mineral-mineral sulfida dan bahan-bahan tambang dengan kedalaman yang relatif dangkal.

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk penyelidikan bawah permukaan dengan memanfaatkan sifat aliran listrik di dalam permukaan bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode ini meliputi pengukuran beda potensial dan arus listrik yang terjadi akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui sepasang elektroda arus. Perbedaan potensial diukur melalui sepasang elektroda potensial, sehingga metode ini cocok untuk penelitian di area manifestasi panas bumi (Darmawan *et al.*, 2014). Metode geolistrik digunakan untuk eksplorasi barang tambang, persediaan air dan panas bumi. Metode geolistrik dirancang untuk memberikan informasi dari formasi batuan yang mempunyai anomali konduktivitas listrik. Survei geolistrik (*resistivity*) pada umumnya bertujuan untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batumannya. Prinsip pelaksanaan survei tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur responnya (tegangan) pada elektroda potensial dalam suatu susunan tertentu (Bakri *et al.*, 2015).

Harga tahanan jenis batuan tergantung jenis materialnya, densitas, porositas batuan, kandungan air, sifat air dan suhu. Kepastian harga tahanan jenis untuk setiap batuan, tidak ada. Batuan beku dan batuan malihan mempunyai harga tahanan jenis berkisar antara 10^2 sampai dengan 10^8 ohmmeter. Batuan endapan dan batuan malihan yang lepas mempunyai harga tahanan jenis berkisar antara 1 sampai dengan 10^4 ohmmeter. Akuifer berupa material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan air semakin besar kandungan garamnya (misalnya air asin). Mineral lempung bersifat menghantarkan arus listrik sehingga tahanan jenisnya akan kecil. Cara kerja metode geolistrik ini didasarkan pada sifat-sifat listrik dari batuan penyusun kerak bumi. Alat ini sering digunakan dalam pemetaan penyebaran akuifer.

Metode geolistrik lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki. Metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi, lebih banyak digunakan dalam bidang geologi, seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air juga digunakan dalam eksplorasi panas bumi (Surdaryo dan Rohima, 2008). Metode pendugaan geolistrik pada lokasi tertentu akan menghasilkan penampang tahanan jenis. Penampang tahanan jenis dapat ditarik kesimpulan mengenai lapisan batuan daerah tersebut (Asmaranto, 2012). Tahanan jenis merupakan parameter penting untuk mengkarakterisasi keadaan fisis bawah permukaan, yang diasosiasikan dengan material dan kondisi bawah permukaan (Telford, 1998). Prinsip kerja dari metode resistivitas adalah dengan menginjeksikan arus ke bawah permukaan bumi sehingga diperoleh beda potensial, kemudian akan diperoleh informasi mengenai resistivitas batuan, elektroda A dan B, digunakan untuk mengukur arus (*current flow*) pada elektroda A yang bermuatan positif menuju kearah elektroda B yang bermuatan negatif. Elektroda lainnya yaitu M dan N digunakan untuk mengukur tegangan (*voltage*). Penelitian resistivitas telah menunjukkan kegunaan geolistrik untuk menggambarkan susunan litologi di bawah permukaan.



Gambar 2.12 Alat Pengukur Resistivitas Batuan

2.4 Tahanan Jenis

Metode geolistrik tahanan jenis didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Asumsi tahanan jenis ini merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Kenyataannya bumi tersusun atas lapisan - lapisan dengan resistivitas yang berbeda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan - lapisan tersebut. Harga resistivitas yang diukur merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja. Resistivitas yang terukur sebenarnya adalah resistivitas semu.

Tahanan jenis didefinisikan sebagai hambatan suatu unit bahan terhadap arus (searah) yang mengalir melalui media tersebut atau arah tegak lurus terhadap dua bidang yang berhadapan. Besarnya tahanan ini tergantung pada dimensi unit satuan yang dialirinya (Suharyadi, 1984). Jika bumi bersifat *homogen isotropic*, maka tahanan jenis yang diperoleh tahanan jenis yang sebenarnya. Karena di bumi tidak ada lapisan batuan yang homogen isotropic, maka tahanan jenis yang diperoleh adalah tahanan jenis semu. Harga resistivitas semu dihitung dari faktor konfigurasi pengukuran dan perbandingan harga beda potensial (V) dan kuat arus (I) pengukuran pada program *Microsoft Excel*, tahanan jenis semu ini dinyatakan dengan Persamaan 2.1 (Lubis, 2017):

$$\rho_{\alpha} = K \frac{V}{I} \quad 2.1$$

Parameter yang diukur yaitu:

1. jarak antar stasiun dengan elektroda- elektroda (AB/2 dan MN/2),
2. Arus (I), dan
3. Beda potensial (ΔV).

Parameter yang dihitung yaitu:

1. Tahanan jenis (R)
2. Faktor Geometri (k).

K adalah faktor geometri, yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial (V) terhadap letak kedua arus (I), dengan mengukur (ΔV) dan I maka dapat ditentukan nilai resistivitasnya. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Schlumberger, maka faktor koreksi geometri dihitung dengan persamaan (2.2):

$$K = \frac{\pi}{2l} (L^2 - I^2) \quad 2.2$$

Dimana:

- Pa = Tahanan Jenis Semu (ohm meter)
- V = Beda Potensial (volt)
- I = Beda arus yang digunakan (*Ampere*)
- l = Jarak bentangan MN/2 (M)
- L = Jarak Bentangan AB/2 (M)
- K = Koefisien Geometris
- π = 3,14

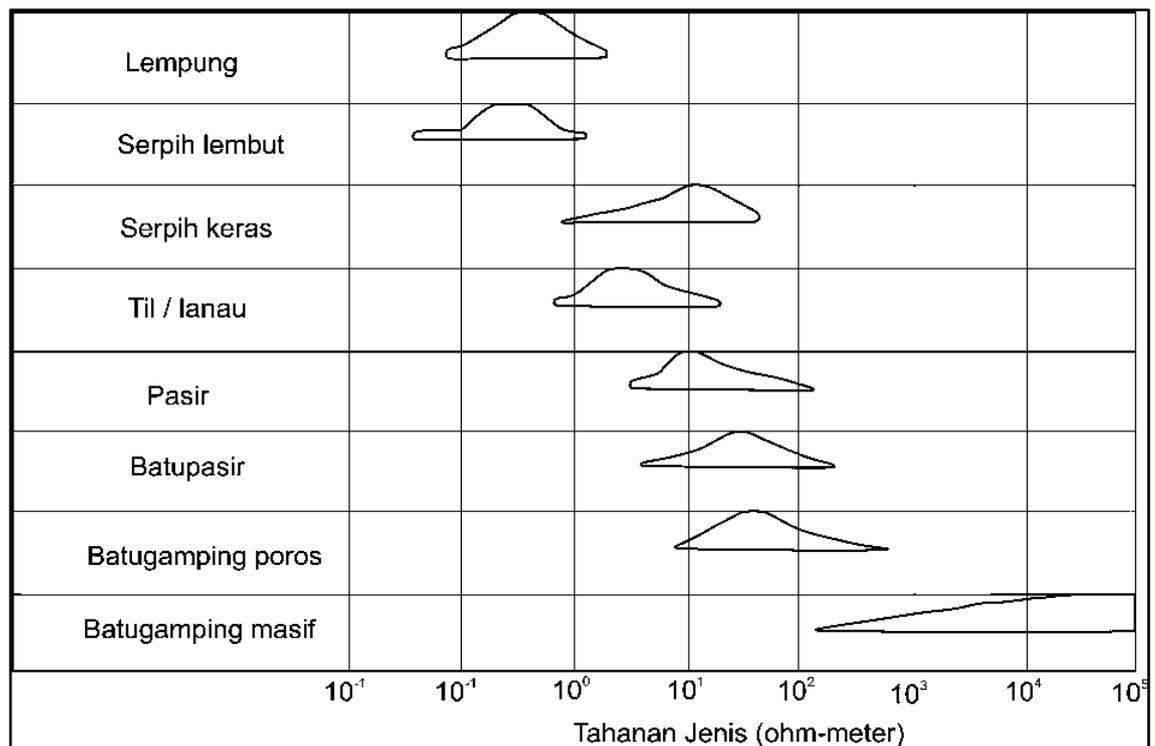
Berbagai satuan batuan adalah bersifat sebagai pengantar listrik yang baik dalam penimbangan terhadap beberapa faktor berikut (Asmaranto, 2012):

1. Kandungan mineral atau jenis bahan
2. Kandungan air atau kejenuhan
3. Hambatan berbagai garam dan kandungan ion bebas di dalamnya
4. Struktur dan tekstur batuan

Tabel 2.1 Nilai Tahanan Jenis Sebagian Material Bumi (Todd *and* Mays, 2004).

No	Material	Resistivitas (ohm'm)
1	Udara	-
2	Pirit	3×10^{-1}
3	Galena	2×10^{-3}
4	Kuarsa	4×10^{10} s.d. 2×10^{14}
5	Kalsit	1×10^{12} s. d. 1×10^{13}

No	Material	Resistivitas (ohm'm)
6	Batuan Garam	30 s. d. 1×10^{13}
7	Mika	9×10^{12} s. d. 1×10^{14}
8	Garnit	10^2 s. d. 1×10^6
9	Gabro	1×10^3 s. d. 1×10^6
10	Basalt	10 s. d. 1×10^7
11	Batugamping	50 s. d. 1×10^7
12	Batupasir	1 s. d. 1×10^8
13	Serpih	20 s. d. 1×10^3
14	Dolomit	10^2 s. d. 10^4
15	Pasir	1 s. d. 10^3
16	Lempung	1 s. d. 10^2
17	Air Tanah	0.5 s. d. 3×10^2
18	Air Laut	0.2



Gambar 2.13 Kisaran Tahanan Jenis Sebagian Material Bumi (Todd *and* Mays, 2004)

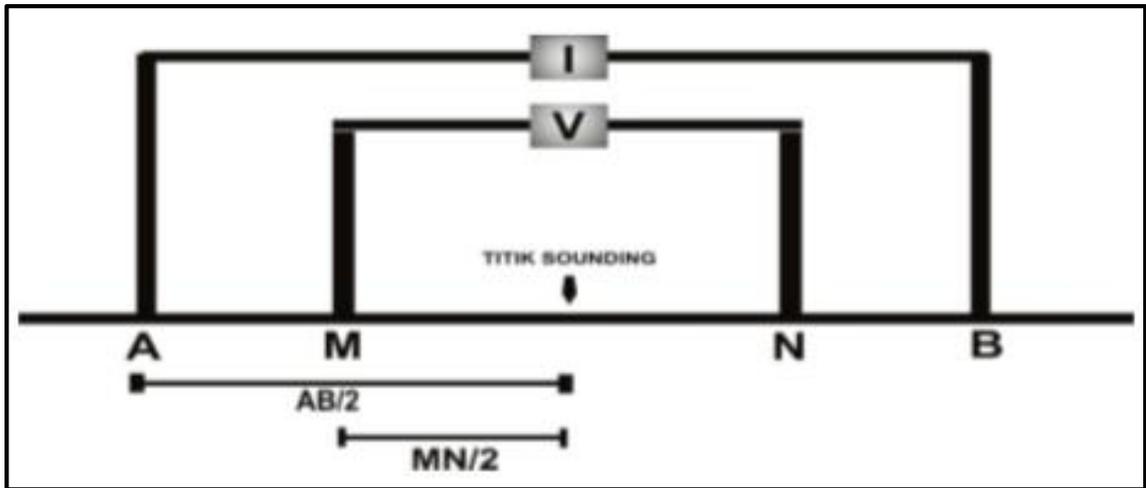
2.5 Konfigurasi *Schlumberger*

Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger dan Marcel Schlumberger pada tahun 1932 serta telah diselidiki oleh banyak peneliti untuk berbagai konfigurasi elektroda dan struktur bawah permukaan. Konfigurasi Schlumberger idealnya jarak MN dibuat sekecil-kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Sarana keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari $1/5$ jarak AB (Okpoli, 2013).

Kelemahan dari konfigurasi Schlumberger ini adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN adalah lebih kecil terutama ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga diperlukan alat ukur multimeter yang mempunyai karakteristik '*high impedance*' dengan akurasi tinggi yaitu yang bisa menampilkan tegangan minimal 4 digit atau 2 digit di belakang koma. Cara lain, diperlukan peralatan pengirim arus yang mempunyai tegangan listrik DC (*Direct Current*) yang sangat tinggi. Sedangkan keunggulan konfigurasi Schlumberger ini adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2 (Asmaranto, 2012).

Pendugaan geolistrik *Schlumberger*, elektroda ditempatkan dalam satu garis lurus, simetris terhadap titik pusat, seperti terlihat dalam Gambar 2.12. Jarak elektorda C1 dan C2 (AB) dibuat lebih besar dari jarak antara dua elektroda potensial P1 dan P2 (MN) (Asmaranto, 2012). Semakin panjang jarak elektroda arus (AB) akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Adanya aliran arus listrik, maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah, tegangan listrik yang terjadi dipermukaan tanah diukur dengan menggunakan *resistivity meter* yang terhubung

melalui dua buah elektroda potensial MN yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB (Surdaryo dan Rohima, 2008).



Gambar 2.14 Konfigurasi *Schlumberger* (Asmaranto, 2012).

Pada lapangan digunakan jarak $AB = 5 MN$ dan hasilnya cukup baik. Titik duga 0 terletak ditengah-tengah sebagai titik duga. Arus listrik I dialirkan dan diukur antara kutub-kutub arus listrik C1 dan C2 sedangkan tegangan listrik V diukur antara kutub-kutub P1 dan P2 Jika posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar (Surdaryo dan Rohima, 2008). Asumsinya bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik sama dengan separuh jarak $AB/2$ (bila digunakan arus *direct current* murni), maka diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola (Asmaranto, 2012).