

**SKRIPSI**

**ANALISIS KONDISI AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK PADA KABUPATEN MAJENE  
PROVINSI SULAWESI BARAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**GOSAL MELANDI**

**D111171302**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS KONDISI AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK PADA KABUPATEN MAJENE  
PROVINSI SULAWESI BARAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**GOSAL MELANDI**

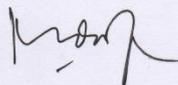
**D111171302**

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 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



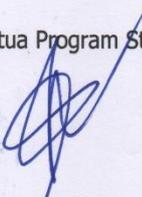
Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T.

Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T.

NIP. 196807181993091001

NIP. 199511262022043001

Plt. Ketua Program Studi,



Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT.

NIP. 197310101998021001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : GOSAL MELANDI  
NIM : D111171302  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Kondisi Air Tanah Menggunakan Metode  
Geolistrik Pada Kabupaten Majene  
Provinsi Sulawesi Barat

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

Gowa, 20 Februari 2023

Yang menyatakan



Gosal Melandi

## ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan masyarakat, bahkan menjadi salah satu faktor utama penentu keberlangsungan pertumbuhan dan kehidupan masyarakat. Pertumbuhan ekonomi juga sangat bergantung pada air, mengingat bahwa kegiatan industri juga membutuhkan air sebagai salah satu kebutuhan pokok. Kabupaten majene merupakan salah satu kabupaten di provinsi sulawesi barat, mayoritas wilayahnya berada di pinggiran pantai, bahkan kabupaten majene memiliki garis pantai sepanjang 125 km yang terletak di pesisir pantai sulawesi barat memanjang dari selatan ke utara. Pada daerah-daerah pesisir pantai sangat sulit untuk mendapatkan air bersih, kondisi ini dikarenakan adanya pengaruh air laut yang mengakibatkan air tanah di daerah pesisir pantai menjadi payau atau bahkan asin seperti air laut. Daerah yang memiliki penyusun batuan berupa batu gamping, air permukaan akan sulit dijumpai dan jika ada bisa berpotensi mengandung banyak zat kapur. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan adalah metode geolistrik. Metode geolistrik adalah metode geofisika yang efektif digunakan untuk eksplorasi dangkal yang dapat menginterpretasi jenis batuan di bawah permukaan berdasarkan sifat kelistrikan dari batuan penyusunnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan setiap stasiun terdiri dari empat lapisan dengan material yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa ada enam jenis lapisan material yaitu, *top soil*, lempung, lanau pasiran, pasir kerikil, tufa, dan konglomerat. Seluruh jenis lapisan itu dapat dikelompokkan ke dalam lapisan pembawa air tanah seperti akuifer, akuiklud, dan akuitard. Material pasir kerikil, lanau pasiran, tufa dan konglomerat merupakan lapisan yang termasuk dalam kategori akuifer.

Kata kunci: Konfigurasi *Schlumberger*, Geolistrik, Lapisan, Akuifer, Air Tanah

## **ABSTRACT**

*Water is a basic need for people's lives, and even becomes one of the main factors determining the sustainability of community growth and life. Economic growth is also very important, considering that industrial activities also require air as one of their basic needs. Majene Regency is one of the regencies in the province of West Sulawesi, the majority of its territory is on the coast, even Majene Regency has a coastline of 125 km which is located on the coast of West Sulawesi extending from south to north. In coastal areas it is very difficult to get clean water, this condition is due to the influence of sea water which causes groundwater in coastal areas to become brackish or even salty like sea water. Areas that have limestone constituents, surface water will be difficult to find and if there is it could potentially contain a lot of lime. One method that can be used to determine the structure of the subsurface layer is the geoelectric method. The geoelectric method is a geophysical method used for shallow exploration that can effectively interpret subsurface rock types based on the electrical properties of the constituent rocks. The results showed that the subsurface layer for each station consisted of four layers with different materials. Results Based on the research, it was found that there are six types of material layers, namely, top soil, clay, sandy silt, gravel sand, tuff, and conglomerate. All types of layers can enter the groundwater-carrying layer, be it aquifers, aquiclude and aquitard. Sand gravel material, sandy silt, tuff and conglomerate are layers that are included in the aquifer category.*

*Keywords: Schlumberger Configuration, Geoelectric, Layer, Aquifer, Groundwater*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah *Subhanallahu wata'ala* atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, Skripsi dengan judul Analisis Kondisi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Pada Kabupaten Majene Provinsi Sulawesi Barat. Skripsi ini disusun sebagai syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

Penulis tak lupa juga mengucapkan terima kasih banyak kepada Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT, selaku pembimbing I dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta ST. MT., selaku pembimbing II yang selalu memberikan dukungan dan arahan serta bimbingannya dengan penuh hikmat, Serta segenap dosen serta bapak dan ibu pegawai staf administrasi yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi penulis.

Mustafah dan Mahani selaku Orang tua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan dalam bentuk apapun kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dan juga teman-teman seperjuangan CONTINUITY 2017 Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin yang selalu memberikan semangat, masukan dan motivasinya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan selama penyusunan skripsi sehingga kritik dan saran sangat penulis harapkan guna menutupi kekurangan dan keterbatasan penulis. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi penulis selanjutnya serta seluruh pembacanya.

Gowa, 28 November 2022

Gosal Melandi

# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN Sampul .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Tahapan Penelitian .....	3
1.6 Lokasi Daerah Penelitian .....	4
BAB II HIDROLOGI DAN GEOLISTRIK .....	6
2.1 Air Tanah .....	6
2.2 Siklus Hidrologi .....	8
2.3 Metode Geolistrik .....	9

2.4	Konduktivitas Listrik Batuan.....	17
2.5	Resistivitas Batuan .....	19
2.6	Akuifer .....	23
2.7	Batuan Pembawa Akuifer .....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
3.1	Tahapan Pendahuluan .....	33
3.2	Tahapan Observasi dan Pengambilan Data.....	34
3.3	Tahapan Analisis Data.....	36
BAB IV ANALISIS LAPISAN PEMBAWA AIR TANAH BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS METODE GEOLISTRIK.....		44
4.1	Geologi Daerah Penelitian.....	44
4.2	Data Geolistrik .....	45
4.3	Pengolahan Data Konfigurasi <i>Schlumberger</i> .....	45
BAB V PENUTUP .....		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN .....		67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta lokasi penelitian.....	5
2.1 Siklus hidrologi .....	9
2.2 Cara kerja geolistrik .....	10
2.3 Konfigurasi <i>wenner</i> .....	11
2.4 Konfigurasi <i>schlumberger</i> .....	12
2.5 Konfigurasi <i>dipole-dipole</i> .....	14
2.6 Perbesaran bagian tipis pada tanah .....	17
2.7 Akuifer di bawah tanah .....	23
2.8 Akuifer bebas .....	25
2.9 Akuifer tertekan.....	25
2.10 Akuifer setengah tertekan.....	26
2.11 Akuifer menggantung.....	27
2.12 Akuifer bocor.....	27
3.1 Alat <i>resistivity</i> meter .....	35
3.2 Pengukuran konfigurasi <i>schlumberger</i> .....	35
3.3 Tampilan awal <i>software IPI2win</i> .....	36
3.4 Data <i>excel</i> / konfigurasi <i>schlumberger</i> .....	37
3.5 Penginputan data <i>excel</i> ke <i>IPI2win</i> .....	37
3.6 Kurva awal hasil pengolahan data.....	38
3.7 Kurva hasil running pada <i>software IPI2win</i> .....	38
3.8 Kurva hasil perbaikan .....	39
3.9 Tampilan awal <i>software HydroGeoAnalyst</i> .....	40
3.10 Mengimpor data lapangan .....	40
3.11 Menambahkan data litologi, kedalaman dan tipe lapisan .....	41

3.12	Tampilan Membuat garis penampang.....	41
3.13	Proses pembuatan <i>cross section</i> .....	42
3.14	Hasil diagram pagar .....	42
3.15	Diagram alir penelitian .....	43
4.1	Peta geologi majene.....	44
4.2	Kurva hasil pengolahan data stasiun 1 .....	46
4.3	Hasil interpretasi tahanan jenis stasiun 1.....	47
4.4	Kurva hasil pengolahan data stasiun 2 .....	48
4.5	Hasil interpretasi tahanan jenis stasiun 2.....	48
4.6	Kurva hasil pengolahan data stasiun 3 .....	49
4.7	Hasil interpretasi tahanan jenis stasiun 3.....	49
4.8	Kurva hasil pengolahan data stasiun 4 .....	50
4.9	Hasil interpretasi tahanan jenis stasiun 4.....	51
4.10	Kurva hasil pengolahan data stasiun 5 .....	52
4.11	Hasil interpretasi tahanan jenis stasiun 5.....	52
4.12	Lapisan litologi material stasiun 1 .....	54
4.13	Lapisan litologi material stasiun 2 .....	54
4.14	Lapisan litologi material stasiun 3 .....	55
4.15	Lapisan litologi material stasiun 4 .....	56
4.16	Lapisan litologi material stasiun 5 .....	57
4.17	Penampang litologi stasiun 1 dan stasiun 3.....	59
4.18	<i>Map section</i> stasiun 1 dan stasiun 3.....	60
4.19	Penampang litologi stasiun 2, stasiun 4 dan stasiun 5.....	60
4.20	<i>Map section</i> stasiun 2, stasiun 4 dan stasiun 5.....	61
4.21	Diagram pagar 3D stasiun 1, 2, 3, 4 dan 5 .....	61
4.22	<i>Map section</i> diagram pagar stasiun 1, 2, 3, 4 dan 5.....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Nilai resistivitas sebagai material-material bumi .....	21
4.1 Interpretasi tahanan jenis dan jenis lapisan Stasiun 1, 2, 3, 4 dan 5...	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Peta geologi .....	68
B Peta topografi.....	70
C Data lapangan konfigurasi <i>schlumberger</i> .....	72
D Dokumentasi lapangan .....	83
E Lembar konsultasi.....	86

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan kebutuhan inti bagi kehidupan masyarakat, bahkan menjadi salah satu faktor utama penentu keberlangsungan pertumbuhan dan kehidupan masyarakat, sebagai makhluk hidup manusia mutlak membutuhkan air untuk bisa bertahan hidup, selain itu untuk bisa mendukung melakukan kegiatan sehari-hari air juga menjadi kebutuhan pokok. Pertumbuhan ekonomi juga sangat bergantung pada air, mengingat bahwa kegiatan industri juga membutuhkan air sebagai salah satu kebutuhan pokoknya.

Kabupaten majene merupakan salah satu kabupaten di provinsi sulawesi barat, mayoritas wilayahnya berada di pinggiran pantai, bahkan kabupaten majene memiliki garis pantai sepanjang 125 km yang terletak di pesisir pantai sulawesi barat memanjang dari selatan ke utara, penelitian dilakukan di kabupaten majene sulawesi barat dengan tujuan untuk tinjauan air tanah kabupaten majene agar diperoleh data dasar air tanah sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan sebagai pemenuhan air bersih di desa dan pemukiman di sekitarnya. Pada daerah-daerah pesisir pantai sangat sulit untuk mendapatkan air bersih, kondisi ini dikarenakan adanya pengaruh air laut yang mengakibatkan air tanah di daerah pesisir pantai menjadi payau atau bahkan asin seperti air laut. Daerah yang memiliki penyusun batuan berupa batu gamping, air permukaan akan sulit dijumpai dan jika ada bisa berpotensi mengandung banyak zat kapur.

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan adalah metode geolistrik. Metode geolistrik adalah metode geofisika yang efektif digunakan untuk eksplorasi dangkal. Metode ini memanfaatkan arus listrik yang diinjeksikan ke bawah permukaan bumi, memanfaatkan sifat kelistrikan bumi maka

diperoleh informasi tentang susunan geologi di bawah permukaan tanah. Metode geolistrik mempunyai beberapa konfigurasi elektroda yang biasanya digunakan yaitu Konfigurasi elektroda *Wenner*, *Schlumberger* dan *Dipole-Dipole*. Pada penelitian ini konfigurasi yang digunakan yakni konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi *Schlumberger* mempunyai kelebihan mampu mendeteksi adanya *non-homogenitas* lapisan batuan pada permukaan dan memiliki kelemahan pembacaan tegangan pada elektroda potensial lebih kecil ketika jarak elektroda arus yang relatif jauh, penggunaan konfigurasi *Schlumberger* ini mampu memberikan data yang lebih baik mengenai kondisi bawah permukaan daerah penelitian.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Kondisi lapisan tanah atau batuan yang ada di bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenis.
2. Kondisi lapisan pembawa air tanah yang ada di daerah penelitian.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi lapisan tanah atau batuan yang ada di bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenis.
2. Mengidentifikasi potensi lapisan pembawa air tanah yang ada di daerah penelitian.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari kegiatan penelitian ini ialah dapat menjadi acuan untuk mengetahui susunan lapisan geologi bawah permukaan tanah yang lebih baik, sehingga dapat diketahui kondisi akuifer dan air tanah. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan referensi tambahan bagi penelitian selanjutnya.

## **1.5 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Perumusan masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian. Masalah dirumuskan berdasarkan latar belakang penelitian. Masalah yang telah diperoleh kemudian diidentifikasi dan dibagi berdasarkan kategori-kategori permasalahan.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pengumpulan referensi atau materi yang berkaitan dengan kegiatan penelitian. Kegiatan studi literatur tidak hanya dilakukan pada saat persiapan dalam melakukan penelitian, tetapi juga dilakukan pada saat pengolahan dan analisis data.

3. Pengambilan data

Pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian serta hal-hal yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti. Data yang dikumpulkan adalah semua data pendukung penelitian baik berupa data primer maupun data sekunder.

#### 4. Pengolahan dan analisis data

Tahapan pengolahan dan analisis data dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan hasil dari permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Kegiatan selanjutnya setelah pengolahan data yaitu analisis data untuk mengetahui hasil dari penelitian dan penyelesaian dari masalah dalam penelitian, sehingga dapat menjadi sebuah rekomendasi yang diajukan.

#### 5. Penyusunan laporan

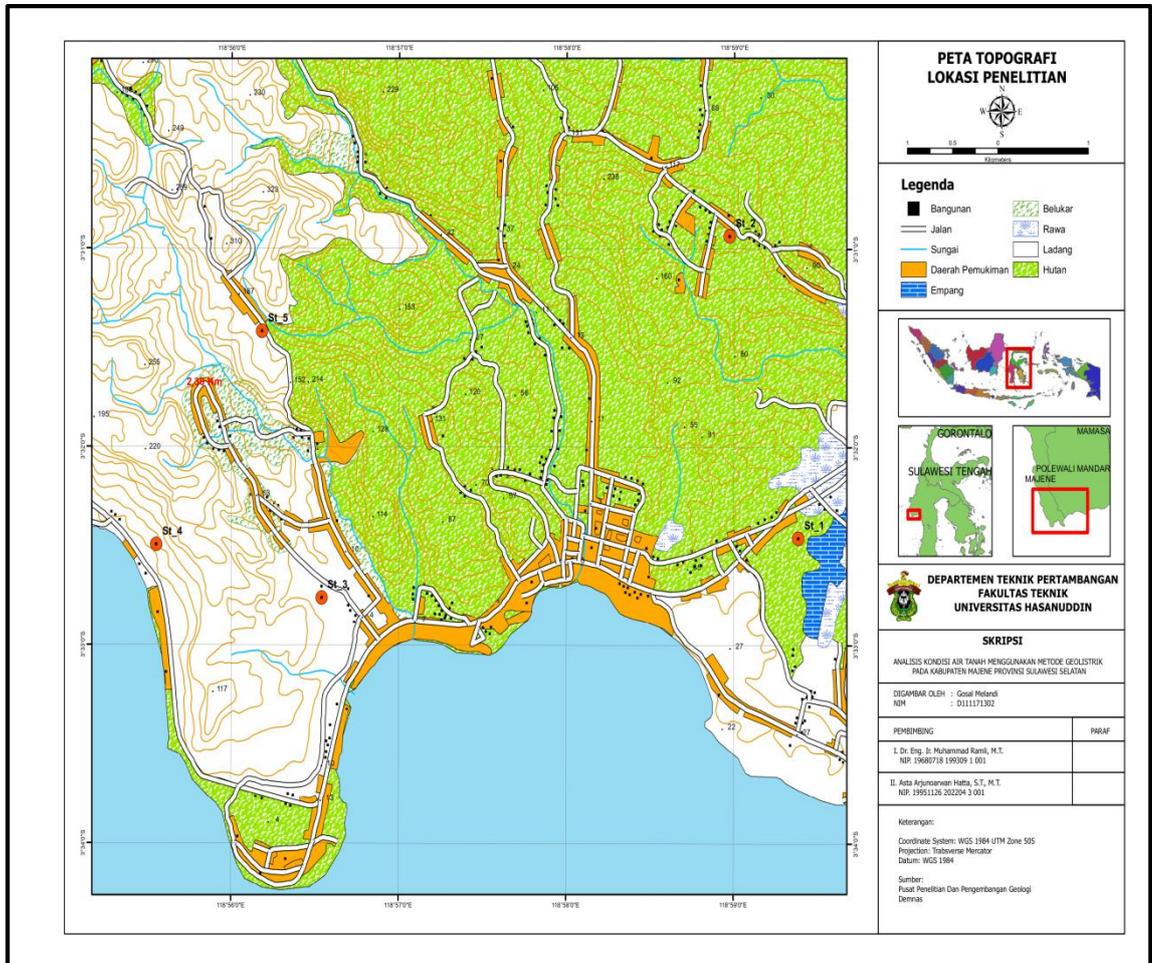
Penyusunan laporan merupakan tahapan akhir dalam melakukan penelitian. Penyusunan laporan dilakukan setelah pengolahan dan analisis data. Seluruh hasil penelitian disusun dan dilaporkan secara sistematis sesuai aturan yang ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan.

#### 6. Seminar adalah tahapan akhir yang dilakukan dalam penelitian ini. Hasil penelitian yang telah dibentuk skripsi akan dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian sidang. Kegiatan seminar dapat terlaksana dengan izin pembimbing setelah skripsi dikatakan rampung atau siap untuk dipresentasikan.

### **1.6 Lokasi Daerah Penelitian**

Secara administratif, daerah penelitian terletak di Kabupaten Majene merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Sulawesi Barat. Kabupaten Majene memiliki luas wilayah 947,84 km<sup>2</sup>. Kabupaten Majene secara geografis terletak pada koordinat 2° 38' 45" sampai dengan 3° 38' 15" Lintang Selatan dan 118° 45' 00" sampai 119° 4' 45" Bujur Timur. Kabupaten Majene berbatasan di sebelah utara dengan Kabupaten Mamuju, sebelah timur Kabupaten Polewali Mandar, sebelah selatan Teluk Mandar, dan Sebelah Barat adalah Selat Makassar. Ibukota Kabupaten Majene terletak di Kecamatan Banggae dengan luas perkotaan 5.515 km<sup>2</sup>, berada di posisi selatan Kabupaten Majene, dengan jarak tempuh kurang lebih 3 jam sampai 4 jam dari ibukota Sulawesi Barat (Mamuju)

yaitu ± 142 km. Sedangkan jarak tempuh dari kota Makassar adalah 6 sampai 7 jam, yaitu ± 300 km, dan waktu pelaksanaan penelitian pengambilan data dimulai tanggal 12 Maret 2022 sampai 14 Maret 2022. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian

## BAB II

### HIDROLOGI DAN GEOLISTRIK

#### 2.1 Air Tanah

Secara umum air tanah diartikan sebagai air yang berada dan berasal dari lapisan tanah, baik air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh maupun air yang berada pada lapisan tanah jenuh. Air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh (*soil water*), akan menunjang kehidupan vegetasi di permukaan sedangkan air yang berada pada lapisan tanah jenuh (*groundwater*), menjadi deposit air di dalam lapisan tanah, yang bisa keluar melalui mata air (*artesis*), atau tinggal dalam lapisan tanah sebagai air fosil (*fossil water*). Disebabkan oleh pesatnya pertumbuhan penduduk dunia, telah membuat kebutuhan manusia terhadap air terus meningkat, baik untuk memenuhi kebutuhan air bersih, air industri, maupun untuk memenuhi kebutuhan air pertanian. Hal inilah yang membuat manusia terus berambisi, mengambil air fosil dengan menggunakan berbagai teknologi untuk memenuhi semua kebutuhannya.

Pengertian air tanah telah banyak dikemukakan oleh para ahli, menurut Herlambang (2005), air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer.

Ada beberapa jenis air tanah, yang pengklasifikasiannya berdasarkan letak dan kondisinya di dalam lapisan tanah. Jenis-jenis air tanah (Herlambang, 2005) dapat dibedakan atas :

- 1) Air Tanah Freatis, merupakan air tanah dangkal, yang terletak di antara air permukaan dan lapisan kedap air (*impermeable layer*).

- 2) Air Tanah Artesis, merupakan air tanah dalam, yang terletak di antara lapisan akuifer dengan lapisan batuan kedap air (akuifer terkekang).
- 3) Air Tanah Meteorit, merupakan air tanah yang berasal dari proses presipitasi (hujan) dari awan, yang mengalami kondensasi bercampur debu meteorit.
- 4) Air Tanah Baru (*Juvenil*), merupakan air tanah yang terbentuk dari dalam bumi karena intrusi magma. Air tanah juvenil biasanya ditemukan dalam bentuk air panas (*geyser*).
- 5) Air Konat, merupakan air tanah yang terjebak pada lapisan batuan purba sehingga sering disebut *fossil water*.

Air tanah terbentuk dari beberapa rangkaian dalam proses hidrologi, yang dimulai dari turunnya hujan (presipitasi), lalu terjadi proses infiltrasi baik dari aliran air genangan permukaan maupun yang berinfiltrasi dari air danau, sungai, maupun air laut. Sebagian air yang berinfiltrasi kembali menguap (evaporasi dan transpirasi), dan sebagian lagi akan berperkolasi lebih jauh ke dalam lapisan tanah dan akhirnya mencapai muka air tanah (*groundwater table*). Air yang berperkolasi inilah yang kemudian berkumpul dan membentuk air di dalam lapisan yang disebut air tanah. Air tanah bergerak di dalam tanah melalui pori tanah, yaitu rongga atau ruang antar butir-butir tanah yang meresapkan air ke dalam lapisan tanah, dan bergabung membentuk lapisan yang dapat menangkap dan meloloskan air dalam lapisan tanah yang disebut akuifer (*aquifer*). Lapisan tanah yang mudah dilalui oleh air disebut lapisan *permeable*, seperti lapisan yang terdiri atas tanah pasir atau kerikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui air tanah disebut lapisan *impermeable*, seperti lapisan lempung (Herlambang, 2005).

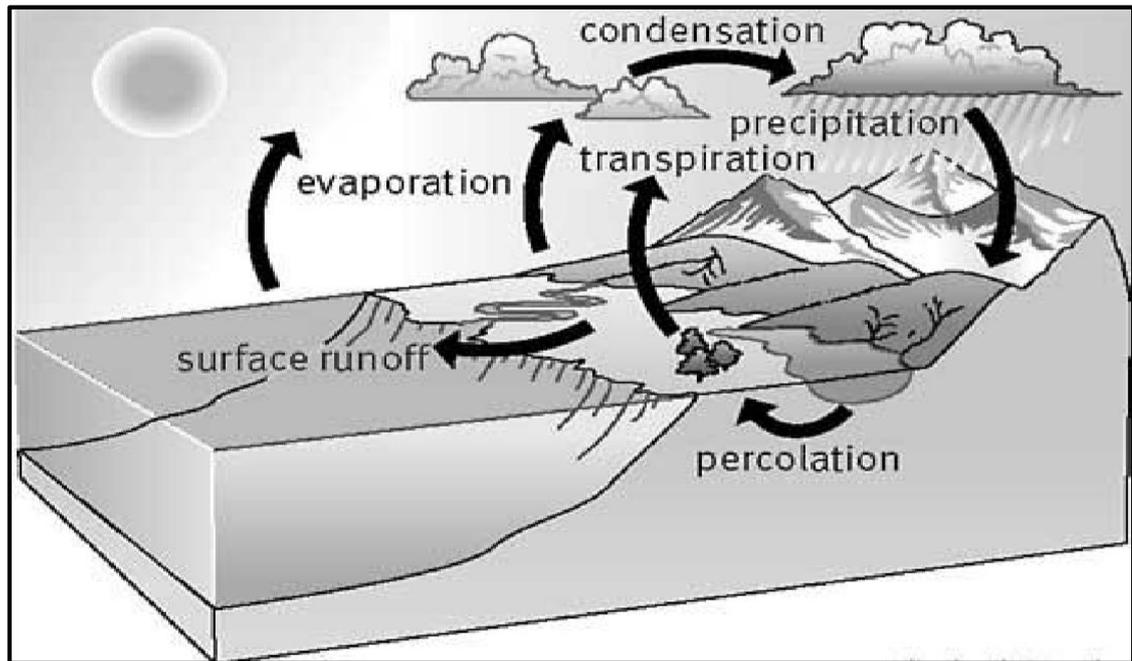
Hal yang mutlak bagi semua pihak yang terkait dengan pengelolaan sumberdaya air tanah, adalah memahami asal-usul (*origin*) dan sifat-sifat (*nature*) air tanah, agar tidak terjadi salah pemahaman tentang sumberdaya air tanah yang dikelolanya. Hal-hal pokok yang perlu dipahami tentang asal-usul dan sifat-sifat air tanah antara lain yaitu

asal air tanah, pembentukan air tanah, wadah air tanah, pengaliran dan imbuhan air tanah, serta sifat-sifat fisik dan kimia daripada air tanah (Herlambang, 2005).

## **2.2 Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi adalah salah satu dari enam siklus biogeokimia yang berlangsung di bumi, yang maka siklus hidrologi selalu berproses membentuk keseimbangan air yang ada di planet bumi. Istilah hidrologi berasal dari bahasa Yunani "*Hydrologia*" yang mempunyai arti "ilmu air". Lalu istilah ini dipergunakan untuk nama cabang ilmu yang mempelajari tentang air yang ada di bumi yakni proses kejadiannya, sirkulasinya, serta pembagiannya. Berangkat dari istilah hidrologi, kemudian muncul istilah "siklus hidrologi" yang secara umum orang mengartikan siklus hidrologi merupakan sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer, dan proses ini berlangsung terus menerus. Siklus hidrologi memegang peran penting bagi kelangsungan hidup organisme di bumi. Melalui siklus hidrologi, ketersediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga, sehingga keteraturan suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena adanya proses siklus hidrologi ini.

Dalam *The American Heritage* (2002), Siklus hidrologi adalah proses kontinyu dimana air disirkulasikan ke seluruh bumi dan atmosfernya. Air bumi memasuki atmosfer melalui penguapan dari badan air dan dari permukaan tanah. Tanaman dan hewan juga menambahkan uap air ke udara melalui transpirasi. Saat naik ke atmosfer, uap air mengembun membentuk awan. Hujan dan bentuk curah hujan lainnya mengembalikannya ke bumi, di mana ia mengalir ke badan air dan masuk ke dalam tanah, dan memulai siklus lagi. Siklus hidrologi juga disebut siklus air.



Gambar 2.1 Siklus hidrologi (*The American Heritage, 2002*).

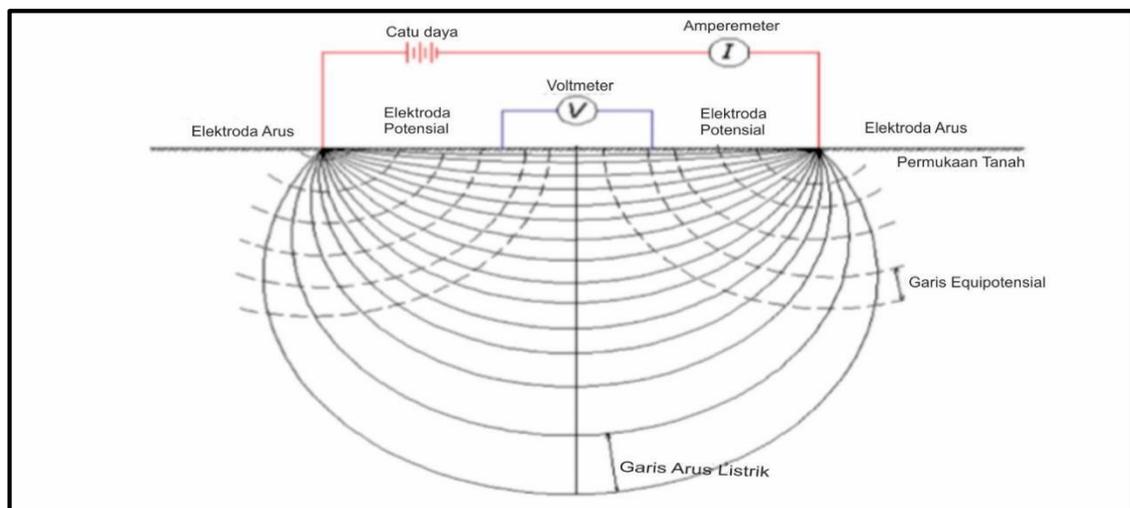
### 2.3 Metode Geolistrik

Metode geolistrik adalah metode geofisika yang dapat menginterpretasi jenis batuan atau mineral di bawah permukaan berdasarkan sifat kelistrikan dari batuan penyusunnya (Yulianto and Widodo, 2008). Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui sifat kelistrikan medium batuan di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan listrik atau resistivitas. Metode geolistrik dapat digunakan untuk mendeteksi adanya akuifer dalam tanah (Todd, 1980).

Pada metode geolistrik penyelidikan didasarkan pada variasi vertikal dan horizontal yang menyangkut perubahan dalam hantaran elektrik suatu arus listrik. Metode ini banyak digunakan dalam penentuan struktur geologi, ketebalan lapisan penutup, kadar kelembaban tanah dan permukaan air tanah (Asmaranto, 2012). Geolistrik adalah salah 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 (Pratama, 2013).

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). Adapun gambaran tentang cara kerja geolistrik dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Cara kerja geolistrik (Surdaryo and Rohima, 2008).

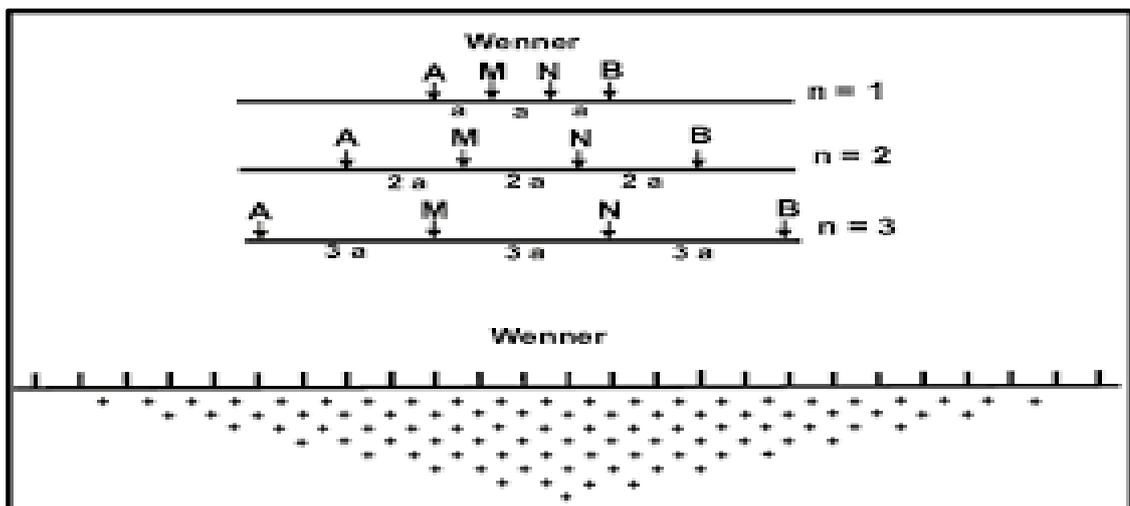
Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya empat buah elektroda yang terletak pada satu garis lurus. Terdapat beberapa konfigurasi elektroda yang biasanya digunakan yaitu Konfigurasi *Wenner*, *Schlumberger* dan Dipole-dipole. Konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger* digunakan dalam pelaksanaan di lapangan yang tidak terlalu sulit (cukup datar dan luas) dan penetrasi arus yang tidak terlalu dalam (Hendrajaya, 1990). 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 sedikit sulit. (Hendrajaya, 1990). Berikut penjelasan Konfigurasi *Wenner*, *Schlumberger* dan Dipole-dipole (Asmaranto, 2012).

### 2.1.1 Konfigurasi *Wenner*

Konfigurasi *Wenner* dikembangkan oleh *Wenner* di Amerika yang keempat buah elektrodanya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah yang susunan jarak spasi sama panjang. 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. Kelebihan 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. Sedangkan kelemahan dari konfigurasi ini memiliki cakupan horisontal relatif buruk seiring meningkatnya jarak elektroda. Akibatnya, pada konfigurasi ini tidak bisa mendeteksi *homogenitas* batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan dan data yang didapat dari cara Konfigurasi *Wenner*, sangat sulit untuk menghilangkan faktor *non homogenitas* batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.

Gambar 2.3 Konfigurasi *Wenner* (Asmaranto, 2012)



Jarak elektroda C1 dan C2 (AB) dibuat tiga kali dari jarak antara dua elektroda potensial (MN). Titik duga nol terletak di tengah-tengah. 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.

Rumus:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

$\rho_a$  adalah tahanan jenis semu ( $\Omega.m$ )

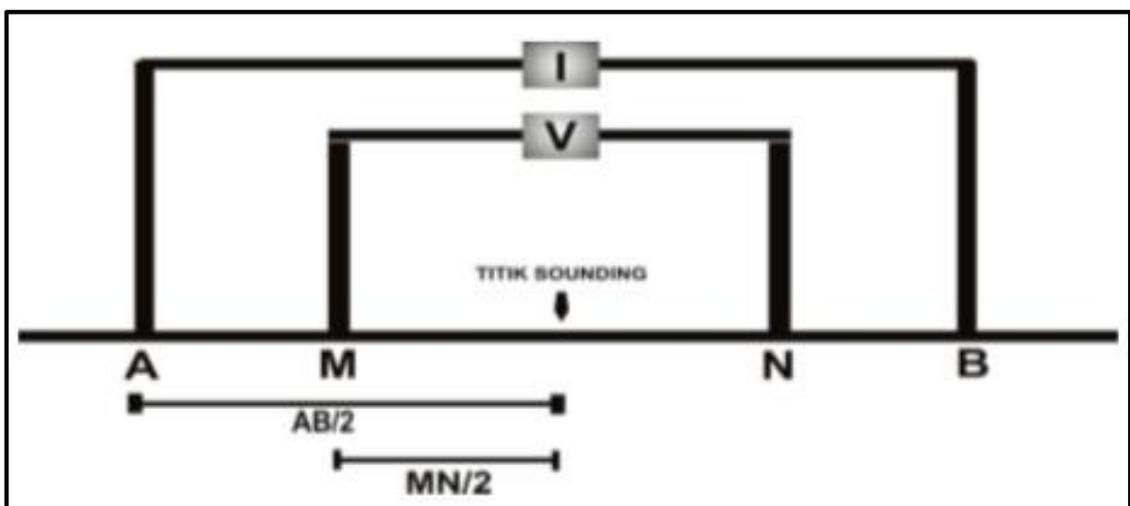
K merupakan faktor geometris (m)

$\Delta V$  adalah beda potensial (V)

I adalah arus listrik (A)

### 2.1.2 Konfigurasi *Schlumberger*

Prinsip Konfigurasi *Schlumberger* idealnya jarak MN dibuat sekecil kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. 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 seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4 Konfigurasi *Schlumberger* (Caga et al., 2013).

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 empat digit atau dua digit dibelakang koma, atau dengan cara peralatan arus yang mempunyai tegangan listrik *direct current* yang sangat tinggi.

Keunggulan dari Konfigurasi *Schlumberger* adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya sifat tidak homogen lapisan batuan pada permukaan yaitu membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2 (Surdaryo and 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 2.3, sehingga diketahui bahwa jarak antar elektroda arus adalah AB/2, sedangkan jarak antar elektroda potensial adalah MN/2 (Caga *et al.*, 2013).

Rumus:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

$\rho_a$  adalah tahanan jenis semu ( $\Omega.m$ )

K merupakan faktor geometris (m)

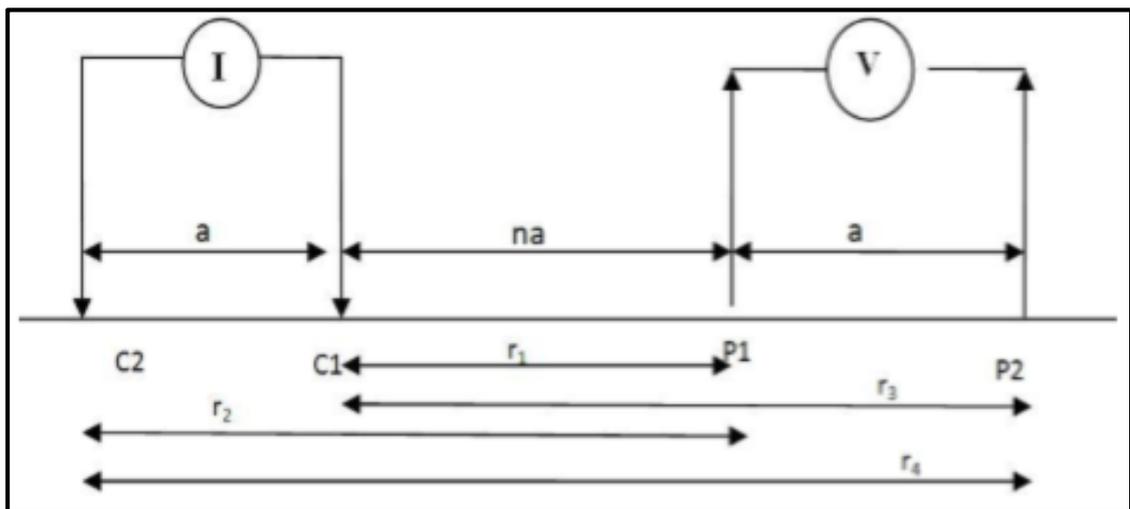
$\Delta V$  adalah beda potensial (V)

I adalah arus listrik (A)

### 2.1.3 Konfigurasi *Dipole-dipole*

Konfigurasi *Dipole-dipole* sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak antar elektroda sama panjang seperti terlihat pada gambar 2.4 Pada

prinsipnya Konfigurasi *Dipole-dipole* menggunakan empat buah elektroda, yaitu pasangan elektroda arus yang disebut current dipole C1C2 dan pasangan elektroda potensial yang disebut potential dipole P1P2. 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.



Gambar 2.5 Konfigurasi *Dipole-dipole* (Asmaranto, 2012)

Hal ini merupakan keunggulan Konfigurasi *Dipole-dipole* dibandingkan dengan Konfigurasi *Wenner* atau *Schlumberger*, karena tanpa memperpanjang 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. Hasil akhir *Dipole-dipole* berupa penampang, baik secara horisontal maupun vertikal.

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, dkk., 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 batuan. Prinsip pelaksanaan survei tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur responnya (tegangan) pada elektroda potensial dalam suatu susunan (konfigurasi) tertentu.

Harga tahanan jenis batuan tergantung macam 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  $10^2 \Omega.m$  sampai dengan  $10^8 \Omega.m$ . Batuan endapan dan batuan malihan yang lepas mempunyai harga tahanan jenis berkisar antara 1 sampai dengan  $10^4 \Omega.m$ . 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. Alat untuk pendugaan geolistrik lebih dikenal dengan nama *resistivity meter* (Asmaranto, 2012).

Metode geolistrik lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 ft. 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 and Rohima, 2008). Macam-

macam metode geolistrik terdiri dari beberapa bagian yaitu resistivity, IP (*induced polarization*), CR (*complex resistivity*), SP (*self potential*), *Magnetic, Seismic*, CSAMT (*controlled source audio-frequency magnetotelluri*), TEM (*transient electromagnetic*), FDE (*frequency-domain electromagnetic*), dan *Radiometric*.

Proses mengalirkan arus listrik ke bumi melalui elektroda yang dipasang dan dicatat pula tegangan yang ditimbulkan oleh arus tersebut, maka dapat ditentukan besaran tahanan jenis setiap kedalaman yang diinginkan, maka jarak antar elektroda diubah, dimana semakin jauh jarak antara elektroda maka semakin dalam tahanan jenis batuan yang didapat. Metode pendugaan geolistrik pada lokasi tertentu akan menghasilkan penampang tahanan jenis. Penampang tahanan jenis dapat ditarik kesimpulan mengenai lapisan batuan daerah tersebut (Asmaranto, 2012).

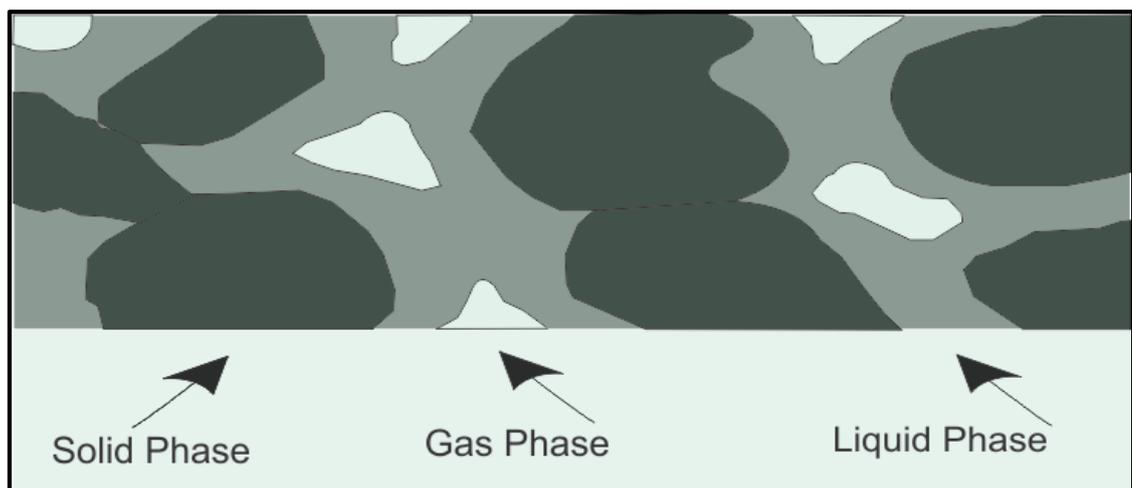
Berdasarkan pada tujuan penelitian metode yang digunakan yaitu metode metode *sounding*. Metode *sounding* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mengetahui variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara vertikal (Wijaya, 2015). Tahanan jenis merupakan parameter penting untuk mengkarakterisasi 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.

## 2.4 Konduktivitas Listrik Batuan

Secara teoritis setiap batuan memiliki daya hantar listrik dan nilai tahanan jenis yang bersifat spesifik, sesuai dengan kondisi yang mempengaruhinya. Batuan yang sama belum dipastikan mempunyai harga tahanan jenis sama, dan demikian pula sebaliknya. Faktor yang berpengaruh bisa berupa yaitu komposisi litologi dan kondisi batuan, komposisi mineral yang dikandung, kandungan benda cair dan faktor eksternal lainnya (Wahyono *and* wiyanto, 2008).

Resistivitas adalah karakteristik batuan yang menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Sifat konduktivitas tanah dan batuan pada permukaan bumi sangat dipengaruhi oleh jumlah air, kadar garam/salinitas air serta bagaimana cara air di distribusikan dalam tanah dan batuan tersebut. Konduktivitas listrik batuan yang mengandung air sangat ditentukan, terutama oleh sifat air yakni elektrolit (larutan garam yang terkandung dalam air yang terdiri dari anion dan kation yang bergerak bebas dalam air). Terdapat medan listrik eksternal yang menyebabkan kation dalam larutan elektrolit dipercepat menuju kutub negatif, sedangkan anion menuju kutub positif. Tentu saja, batuan berpori ataupun tanah yang terisi air nilai sebaliknya nilai resistivitas listriknya akan bertambah dengan berkurangnya kandungan air (Telford, 1990).



Gambar 2.6 Perbesaran bagian tipis pada tanah (Allred., *et al*, 2008).

Kemampuan dari bahan tanah untuk mendistribusikan arus listrik, seperti yang ditunjukkan oleh resistivitas tanah yaitu ditentukan oleh komponen-komponen yang membentuk tanah. Tanah biasanya terdiri dari fase padat, gas, dan cair. Fase padat tanah meliputi mineral dan bahan organik serta termasuk fragmen yang lebih besar (batu), dapat dibagi dengan ukuran partikel menjadi pasir (2,0 - 0,05 mm), lumpur (0,05 - 0,002 mm) dan tanah liat kurang dari 0,02 mm. Kuarsa dianggap sebagai isolator listrik yang sangat baik, biasa mendominasi pasir dan lumpur ukuran fraksi tanah tersebut. Fraksi lempung terdiri dari mineral lempung dan bahan organik. Pada kondisi yang cukup basah, lempung dan bahan organik memberikan kontribusi arus listrik di tanah. Tanah dalam fase gas sebagian besar adalah udara, yang merupakan insulator yang baik. Fase cair tanah adalah larutan elektrolit disebut sebagai larutan tanah (Allred., *et al*, 2008).

Pada bagian batuan, atom atom terikat secara ionik atau kovalen, karena adanya ikatan batuan yang mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Aliran arus listrik yang terdapat pada batuan terbagi menjadi tiga macam, yaitu (Asmaranto, 2012):

1. Konduksi elektrolit, tipe normal dari aliran arus listrik dalam batuan. Hal ini terjadi jika batuan tersebut mempunyai banyak elektron bebas, akibatnya arus listrik mudah mengalir dalam batuan. Aliran listrik juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat batuan adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan, maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik.
2. Konduksi elektrolitik, konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan yang bersifat poros yang berisi larutan elektrolit. Arus listrik mengalir terbawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Pada kenyataannya batuan umumnya bersifat poros dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Efek yang

dihasilkan batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik maka, konduksi arus listrik dibawah oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

3. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik yaitu terjadi polarisasi saat bahan dialiri arus listrik. Artinya, batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas dengan jumlah sedikit bahkan tidak ada. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik di luar, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik batuan yang bersangkutan.

## **2.5 Resistivitas Batuan**

Resistivitas merupakan salah satu sifat fisis yang dimiliki batuan yaitu kemampuan untuk dilewati arus listrik, jika batuan makin sukar dilewati arus listrik maka besarnya tahanan yang diberikan oleh batuan tersebut semakin besar, masing-masing jenis batuan memiliki nilai resistivitas yang hampir sama, untuk batuan beku dan metamorf cenderung memiliki kisaran nilai resistivitas yang besar ( $1000 - 10^8$ )  $\Omega m$  untuk batuan beku dan ( $10 - 10^8$ )  $\Omega m$  untuk sebagian batuan metamorf), sedangkan untuk batuan sedimen kisaran nilainya kurang dari  $1000 \Omega.m$ , bergantung oleh kandungan fluida dalam porinya (Suyanto, 2013).

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar  $10 - 8 \Omega.m$  bermacam-macam akan menghasilkan nilai interval resistivitas yang bervariasi pula. Kebanyakan mineral membentuk batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafit menghantarkan listrik resistivitas yang terukur pada

material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik. Struktur bawah permukaan merupakan suatu sistem perlapisan dengan nilai resistivitas listrik yang berbeda-beda. Banyak faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas listrik ini antara lain: homogenitas tiap tanah, kandungan mineral logam, kandungan akuifer (misalnya: air, minyak dan gas), porositas, permeabilitas, suhu, dan umur geologi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa bila dilakukan pengukuran di permukaan, maka yang terukur bukan resistivitas yang sebenarnya, melainkan kombinasi nilai resistivitas listrik berbagai macam tanah, baik karena variasi lateral maupun vertikal. Nilai resistivitas listrik di setiap titik akan memiliki besar yang berbeda, sehingga menyebabkan bidang *equipotensial* menjadi tidak beraturan (Muallifah, 2009).

Informasi bawah permukaan merupakan salah satu komponen penting dalam melakukan kegiatan yang berkaitan dengan bumi. Informasi ini meliputi struktur geologi (lipatan, patahan, rekahan) jenis dan sifat fisis batuan, susunan batuan di bawah permukaan, kedalaman, ketebalan dan distribusinya, termasuk kondisi akuifer pengandung air tanah. Salah satu cara untuk bisa mengetahui kondisi bawah permukaan tersebut adalah melakukan pengukuran geofisika dengan metode geolistrik (Naryanto, 2008).

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode yang cukup banyak digunakan dalam dunia eksplorasi khususnya eksplorasi air tanah karena resistivitas dari batuan sangat sensitif terhadap kandungan airnya dimana bumi dianggap sebagai sebuah resistor. Metode geolistrik resistivitas (tahanan jenis) adalah salah satu jenis metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi (Hendrajaya, 1990). Prinsip kerja dari metode resistivitas adalah mengalirkan arus listrik

ke dalam bumi melalui dua elektroda arus kemudian beda potensialnya diukur melalui dua elektroda potensial, sehingga nilai resistivitasnya dapat dihitung. Resistivitas (tahanan jenis) merupakan suatu besaran yang menunjukkan tingkat hambatan terhadap arus listrik dari suatu bahan.

Tabel 2.1 Nilai resistivitas sebagai material-material bumi (Telford, 1990).

<b>No</b>	<b>Material</b>	<b>Resistivitas (ohm'm)</b>
1	Air Permukaan	80 - 200
2	Air Tanah	30 - 100
3	Pasir	100 - 600
4	Pasir Kerikilan	100 - 1000
5	Batu Lumpur	20 - 200
6	Pasir kerikil	40 - 500
7	Konglomerat	100 - 500
8	Tufa	20 - 200
9	Lempung	1,5 - 3,0
10	Lanau	3,0 - 100

Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat *homogen isotropic*. Asumsi ini tahanan jenis merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Kenyataannya bumi tersusun atas 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 ( $\rho_a$ ) (Reynolds, 2005).

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 Ms Excel, tahanan jenis semu ini dinyatakan dengan Persamaan 2.1 (Asmaranto, 2012):

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

$\rho_a$  = Tahanan Jenis Semu (ohm meter)

V = Beda Potensial (volt)

I = Beda arus yang digunakan (Ampere)

K = Koefisien Geometris

K adalah faktor geometri, yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial (V) terhadap letak kedua arus (I), dengan mengukur ( $\Delta V$ ) dan I maka dapat ditentukan nilai resistivitasnya (Koefoed, 1979). Penentuan faktor geometri Konfigurasi *Schlumberger*, dapat dihitung dengan persamaan (2.4), sedangkan faktor geometri Konfigurasi *Wenner* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.5):

$$K = \frac{\pi}{2l} (L^2 - I^2) \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

I = Jarak bentangan MN/2 (M)

L = Jarak Bentangan AB/2 (M)

K = Koefisien Geometris

$\pi$  = 3,14

$$K = \pi \times n \times (n + 1) a \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

$$\pi = \frac{22}{7}$$

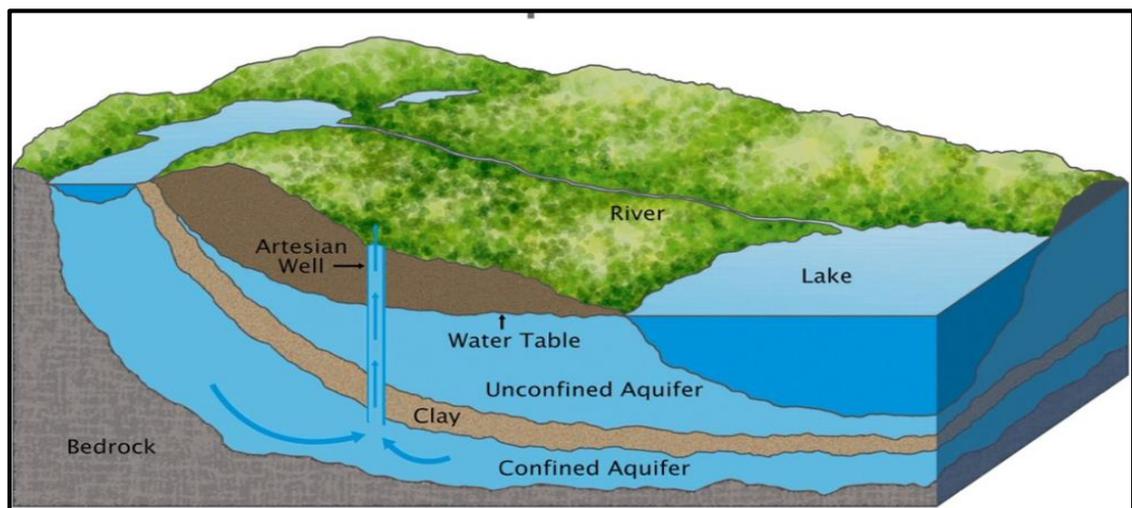
$a$  = Jarak antar elektroda

$n$  = Urutan Seri

$K$  = Koefisien Geometris

## 2.6 Akuifer

Todd (1980) 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 bawah tanah yang mengandung air dan mampu mengalirkan air. 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. Contoh batuan pada lapisan akuifer adalah pasir, kerikil, pasir kerikil, batu gamping rekahan.



Gambar 2.7 Akuifer di bawah tanah (Asmaranto, 2012)

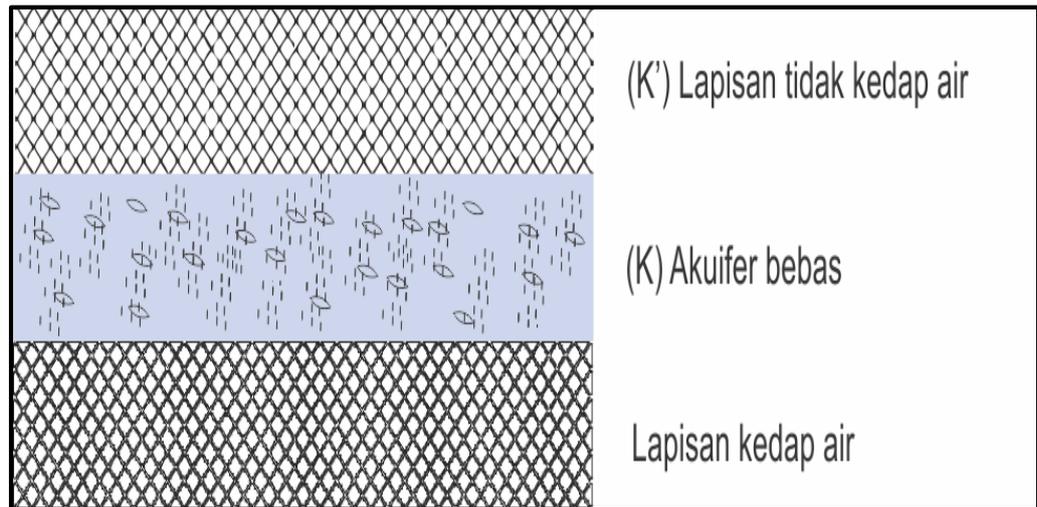
Gambar diatas menunjukkan akuifer yang ada di bawah tanah. Terdapat tiga parameter penting yang menentukan karakteristik akuifer yaitu tebal akuifer, koefisien lolos atau permeabilitas, dan hasil jenis. Tebal akuifer diukur mulai dari permukaan air tanah (*water table*) sampai pada suatu lapisan yang bersifat semi kedap air

(*impermeable*) termasuk *aquiclude* dan *aquifuge*. Permeabilitas merupakan kemampuan suatu akuifer untuk meloloskan sejumlah air tanah melalui penampang 1 m<sup>2</sup>. Nilai permeabilitas akuifer sangat ditentukan oleh tekstur dan struktur mineral atau partikel-partikel atau butir-butir penyusun batuan. Semakin kasar tekstur dengan struktur lepas, maka semakin tinggi batuan meloloskan sejumlah air tanah. Sebaliknya, semakin halus tekstur dengan struktur semakin tidak teratur atau semakin mampat, maka semakin rendah kemampuan batuan untuk meloloskan sejumlah air tanah. Dengan demikian, setiap jenis batuan akan mempunyai nilai permeabilitas yang berbeda dengan jenis batuan yang lainnya.

Berdasarkan susunan lapisan geologi (litologinya) dan besarnya koefisien kelulusan air (K), akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer tertekan (*confined aquifer*), akuifer setengah tertekan (*semiconfined aquifer*), akuifer menggantung (*perched aquifer*) (Suharyadi, 1984).

#### 1. Akuifer bebas

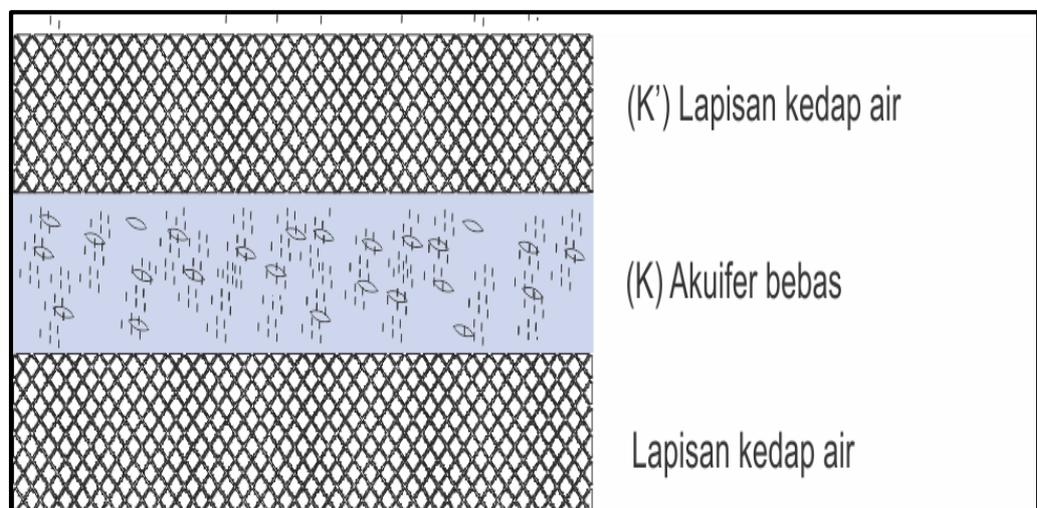
Akuifer bebas (*unconfined aquifer*) merupakan akuifer dengan hanya memiliki satu lapisan pembatas kedap air yang terletak dibagian bawahnya, dengan kata lain muka air tanah merupakan bidang batas sebelah atas daripada daerah jenuh air. Akuifer ini disebut juga sebagai *phreatic aquifer*, sedangkan nilai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



Gambar 2.8 Akuifer bebas (Suharyadi, 1984).

## 2. Akuifer tertekan

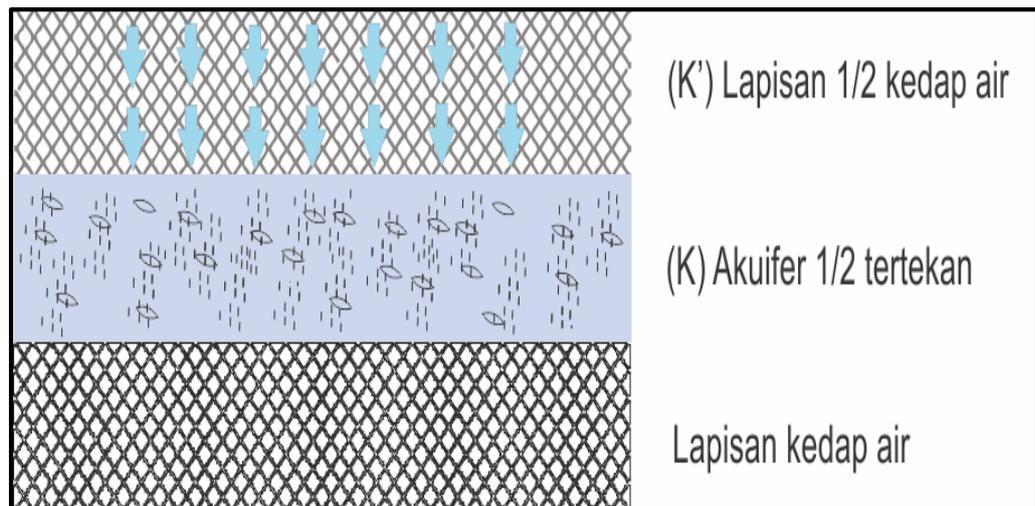
Akuifer tertekan (*confined aquifer*) merupakan suatu akuifer jenuh air yang pada lapisan atas dan lapisan bawah yang merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Lapisan pada pembatasnya dipastikan tidak terdapat air yang mengalir (*no flux*). Akuifer ini memiliki tekanan air yang lebih besar daripada tekanan atmosfer, oleh karena itu akuifer ini disebut juga dengan *pressure aquifer*. Sedangkan nilai  $(K') = 0$ ,  $(K) > (K')$  (Suharyadi, 1984). Keberadaan akuifer tertekan, dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Akuifer tertekan (Suharyadi, 1984).

### 3. Akuifer setengah tertekan

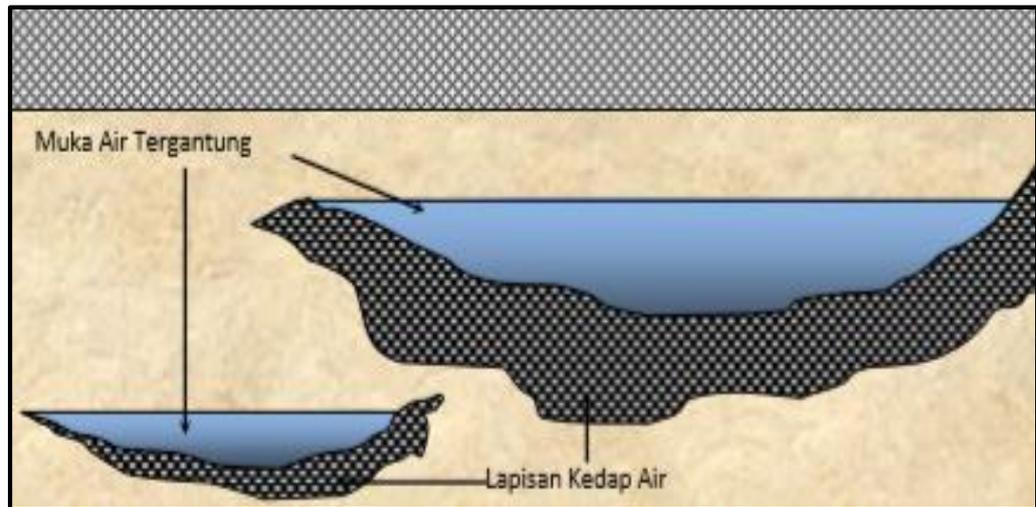
Akuifer setengah tertekan (*semiconfined aquifer*) ialah suatu akuifer jenuh air, dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (nilai kelulusannya terletak antara akuifer dan akuitar) dan pada bagian bawah dibatasi oleh lapisan kedap air. Lapisan pada pembatas yang terletak dibagian atas dimungkinkan masih terdapat air yang mengalir ke akuifer tersebut. Akuifer ini disebut juga dengan *leaky-artesian aquifer* (Suharyadi, 1984). Keberadaan akuifer setengah tertekan, dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Akuifer setengah tertekan (Suharyadi, 1984).

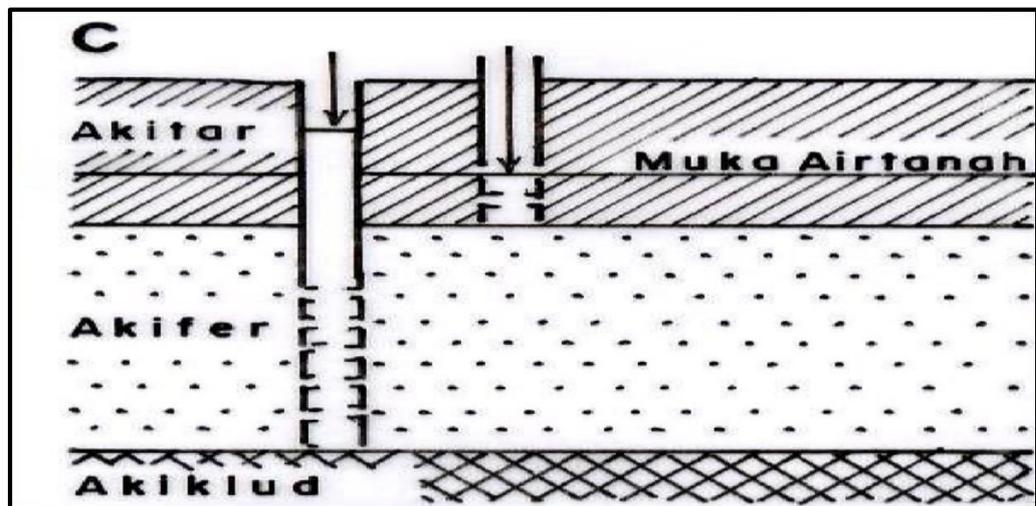
### 4. Akuifer menggantung

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 lapisan bawahnya tidak murni kedap air namun berupa aquitar yang juga bisa memberikan distribusi air pada akuifer dibawahnya (Suharyadi, 1984). Keberadaan akuifer menggantung dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Akuifer menggantung (Suharyadi, 1984).

5. Akuifer Bocor (*Leaky Aquifer*) ; Yaitu akuifer yang dibatasi oleh lapisan semi permeabel di bagian atas dan/atau di bagian bawahnya.



Gambar 2.12 Akuifer bocor (Puradimaja, 2015).

Todd (1980) menyatakan bahwa tidak semua formasi litologi dan kondisi geomorfologi merupakan akuifer yang baik. Berdasarkan pengamatan lapangan, akuifer dijumpai pada bentuk lahan sebagai berikut:

1. Lintasan air (*water course*) Bentuk lahan di mana materialnya terdiri dari aluvium yang mengendap di sepanjang alur sungai sebagai bentuk lahan dataran banjir serta tanggul alam. Bahan aluvium itu biasanya berupa pasir dan kerikil.

2. Dataran (*plain*) Bentuk lahan berstruktur datar dan tersusun atas bahan aluvium yang berasal dari berbagai bahan induk sehingga merupakan akuifer yang baik.
3. Lembah antar pegunungan (*intermontane valley*) Merupakan lembah yang berada di antara dua pegunungan dan materialnya berasal dari hasil erosi dan gerak massa batuan dari pegunungan di sekitarnya.
4. Lembah terkubur (*buried valley*) Lembah yang tersusun oleh material lepas yang berupa pasir halus sampai kasar.

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 (*aquitards*), 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, serpih, tufa halus, dan lanau.
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 (Allan, *et.al.*, 1998)

## 2.7 Batuan Pembawa Akuifer

Batuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sumber daya air, baik dari sisi sumber air, daya air maupun keberadaan air. Permukaan batuan memberikan pengaruh antara lain terhadap sistem *fluvial* yaitu sistem DAS dan jaringan sungainya. Pengaruhnya diantaranya adalah adanya perubahan morfologi sungai yaitu terjadinya *meander* atau *broided*, perubahan kemiringan, perubahan bentuk DAS baik dalam skala waktu (*time*) maupun skala ruang (*space*). Gerakan-gerakan tektonik dan deformasi batuan juga berkontribusi perubahan sungai. Terhadap air asin yang bermuara di laut maka aliran air tanah merupakan agen atau perantara geologi yang memberikan pengaruh secara terus menerus terhadap lingkungan di sekelilingnya di dalam bumi. Dapat disimpulkan bahwa selama proses perjalanannya aliran air tanah cenderung mengubah secara perlahan komposisi kimia air yang ada dari hulu ke hilir dan mengarah pada komposisi kimia air laut. Unsur-unsur kimia yang larut dalam air tanah berjalan dan berevolusi lewat jalan aliran air tanah. Terhadap air tanah, sikap batuan sangat mempengaruhi keberadaan dan keterdapatannya air tanah. Air tanah terdapat di banyak tipe formasi geologi lulus air yang dapat bertindak sebagai lapisan pembawa air atau lebih dikenal dengan nama akuifer. Dapat disimpulkan ada interaksi timbal balik yang penting antara air dan batuan, artinya keduanya akan saling mempengaruhi dari sisi keberadaan masing-masing dalam skala waktu dan ruang (*interdependency*) (Kodoatie., 2012). Pada prinsipnya batuan dibagi dalam tiga jenis, yaitu: batuan beku, batuan sedimen dan batuan malihan (metamorf). Keterkaitan jenis batuan dengan air diuraikan berikut ini.

A. Batuan beku (*igneous rock*) terbentuk dari hasil pembekuan magma yang berbentuk cair dan panas. Magma tersebut mendingin dan mengeras di dalam atau di atas permukaan bumi (Bishop et al., 2007). Proses pembentukan batuan beku dapat

dibedakan menjadi dua cara, ialah secara intrusif dan *ekstrusif*. Batuan beku yang terbentuk dari hasil pembekuan cairan magma yang terjadi jauh di bawah permukaan tanah (di dalam tanah) disebut batuan beku *intrusif* (batuan plutonik) contoh granit, diorit, dan gabro, sedangkan batuan beku yang terbentuk dari hasil pembekuan cairan magma yang terjadi di permukaan tanah disebut batuan beku *ekstrusif* contoh lava basalt, andesit, dan riolit (Goodman, 1993). Batuan beku yang terbentuk di luar kulit bumi melalui kegiatan vulkanik disebut batuan vulkanik, sedangkan yang terbentuk di dalam kulit bumi disebut batuan plutonik. Dalam bentuk pejal, formasi batuan ini relatif kedap atau tidak lulus air dan oleh sebab itu tidak dapat menyimpan dan melalukan air, sehingga disebut sebagai akuifug. Namun apabila formasi batuan ini mempunyai banyak rongga, celahan, dan rekahan akibat proses pembentukan dan akibat gaya geologi, maka formasi batuan ini dapat bertindak sebagai formasi batuan pembawa air atau akuifer.

- B. Batuan sedimen merupakan material hasil rombakan dari batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen lain yang dibawa oleh aliran sungai kemudian diendapkan di tempat lain baik di darat maupun di laut, contoh batuan pasir dan batuan lempung. Endapan tersebut terkumpul di suatu tempat dimana saja dan mengalami proses pemadatan, konsolidasi, dan sedimentasi, yang akhirnya akan mengeras yang kemudian disebut dengan batuan sedimen (Goodman, 1993). Kebanyakan batuan sedimen terbentuk dari pecahan-pecahan batu yang tersusun menjadi lapisan-lapisan lalu mengeras dan terbentuk batuan baru. Beberapa batuan sedimen terbentuk dari bahan organik atau mineral yang, dalam air sebagai hasil proses kegiatan makhluk hidup, contohnya batu gamping yang merupakan hasil kegiatan terumbu karang di laut. Batuan sedimen pada umumnya berupa butir-butir tersendiri mulai dari berukuran sangat halus hingga sangat kasar, seringkali terikat satu sama lain oleh massa antara matriks, pasir lepas ( tidak merekat ), begitu juga

butir yang mengendap dalam air (*sub aquatic*), karena biasanya butir-butir tersebut tidak berlapis. Porositas batuan sedimen mengalami penurunan selama proses konsolidasi dan partikel-partikelnya menjadi semakin rapat. Sedangkan tekanan semakin bertambah selama proses konsolidasi. Batuan sedimen merupakan kumpulan-kumpulan partikel dengan beberapa karakteristik tergantung letak partikel-partikelnya. Susunan partikel-partikel batuan sedimen tergantung konsep kepadatannya, yang mengacu pada besarnya kerapatan partikel. Batuan sedimen yang mempunyai permeabilitas tinggi karena butiran penyusunnya seragam dengan ukuran butir kasar dan berupa sedimen lepas dapat bertindak sebagai akuifer yang baik. Sebaliknya yang mempunyai ukuran butir halus sehingga pori-pori batuan sangat kecil, seperti lempung, bertindak sebagai lapisan perkedap atau akuiklud (*aquiclude*), meskipun jenuh air tetapi relatif kedap air yang tidak dapat melepaskan airnya. Di antara keduanya, ada jenis batuan sedimen, yang bertindak sebagai akuitar (*aquitard*), bersifat jenuh air namun hanya sedikit lulus air, sehingga tidak dapat melepaskannya dalam jumlah berarti.

- C. Batuan Metamorf apabila batuan terkena oleh tekanan atau panas yang hebat, atau keduanya, batuan itu akan berubah menjadi batuan baru. Batuan yang telah berubah ini dinamakan batuan malihan (*metamorfosis*). Batuan metamorf dibagi mejadi dua yaitu, batuan malihan regional dan batuan malihan kontak (Taylor, 2005). Batuan metamorf merupakan tipe batuan yang mempunyai porositas batuan yang sangat rendah karena adanya saling kunci antar kristal penyusun batuan. Dua proses geologi yaitu pelapukan kimiawi (menjadi dekomposisi) dan pelapukan mekanis (menjadi rekahan) dapat meningkatkan porositas batuan. Batuan pada kedalaman tertentu dapat retak karena ditekan oleh beban berat lapisan batuan yang terletak di atasnya. Gaya tektonik dapat menyebabkan lipatan dan rekahan. Rekahan dapat meningkatkan porositas batuan sekitar 2%-5% (Davis, 1969). Batuan metamorf

yang terpengaruh pelapukan mempunyai porositas sekitar 30%-60%. Batuan metamorf seperti halnya batuan beku, dalam bentuk pejal relatif tidak lulus air. Namun dengan adanya sistem rekahan batuan ini dapat bertindak sebagai akuifer, meski umumnya hanya dapat melepaskan airnya dalam jumlah yang tidak berarti. Rekahan ini baru bisa menjadi bersifat akuifer jika rekahan saling berhubungan dan ada sumber air. Pada batuan ini hanya dapat dikembangkan sumur dengan debit kecil (Todd, 1959).