

**ANALISA SEBARAN AIR TANAH MENGGUNAKAN *INVERSI ROBUST
CONSTRAINT* DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI
WENNER DI DAERAH BUKIT LANTIAK KECAMATAN PADANG
SELATAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



**SILVIA DONA SARI
17506/2010**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Analisa Sebaran Air Tanah Menggunakan *Inversi Robust Constraint* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* di Daerah Bukit Lantak Kecamatan Padang Setatan

Nama : Silvia Dona Sari

NIM : 17506

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 12 Agustus 2014

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Drs. Aknani, M.Si
NIP. 19630528 198703 1 003

Pembimbing II



Nofri Yendri Sidiar, S.Si, M.Si
NIP. 19781110 200604 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Silvia Dora Sari
NIM : 17506
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

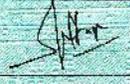
dengan judul

**ANALISA SEBARAN AIR TANAH MENGGUNAKAN *INVERSI ROBUST*
CONSTRAINT DATA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
KONFIGURASI *WENYER* DI DAERAH BUKIT LANTIAK
KECAMATAN PADANG SELATAN**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 12 Agustus 2014

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
Ketua : Drs. Almam, M.Si.	
Sekretaris : Nofi Yendri Sudiar, S.Si, M.Si.	
Anggota : Drs. Mahrizal, M.Si.	
Anggota : Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D.	
Anggota : Harman Amir, S.Si, M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan tata cara penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Agustus 2014
Yang menyatakan,



Silvia Dona Sari
Nim. 17506

ABSTRAK

SILVIA DONA SARI : Analisa Sebaran Air Tanah Menggunakan *Inversi Robust Constrain* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan

Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan merupakan salah satu daerah rawan longsor di Kota Padang. Daerah ini sering terjadi longsor dan menelan banyak korban jiwa. Salah satu penyebab terjadinya longsor adalah sebaran air tanah. Air tanah dapat menambah bobot tanah pelapukan, sehingga memicu terjadinya longsor. Sebaran air tanah di Bukit Lantiak penting untuk diketahui, agar longsor dapat diantisipasi, oleh karena itu telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sebaran, kedalaman, dan jenis akuifer air tanah di daerah Bukit Lantiak.

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang bersifat deskriptif. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ARES (*Automatic Resistivitymeter*) sebagai instrumen utama. Data diambil menggunakan konfigurasi *Wenner* pada 4 lintasan. Hasil analisa data diinterpretasikan menggunakan *Inversi Robust Constraint* dengan bantuan *Software Res2dinv*. Hasil interpretasi data berupa nilai tahanan jenis sebenarnya dan kedalaman lapisan batuan daerah penelitian. Estimasi data dilakukan dengan membandingkan nilai tahanan jenis sebenarnya dengan tabel tahanan jenis dan geologi daerah penelitian, sehingga diperoleh sebaran dan kedalaman air tanah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebaran air tanah pada lintasan paralel yaitu Lintasan 1, 3, dan 4 cenderung mengarah dari arah Timur Laut ke Barat Daya. Sebaran air tanah pada lintasan pengikat yaitu Lintasan 2 mengarah dari Barat ke Timur, dan air tanah ditemui pada kedalaman berkisar dari 5,76 – 30,2 m. Jenis akuifer yang ditemukan pada penelitian ini adalah akuifer bebas dan tertekan. Akuifer bebas yang dapat memicu terjadinya longsor terdapat pada Lintasan 1.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisa Sebaran Air Tanah Menggunakan *Inversi Robust Constrain* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.**

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Penasehat Akademis dan Pembimbing I serta sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Nofi Yendri Sudiar, S.Si, M.Si sebagai pembimbing II.
3. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si, Ibu Syafriani. M.Si, PhD, dan Bapak Harman Amir, S.Si, M.Si, sebagai Tim Penguji.
4. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dra.Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

7. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DP2M– DIKTI) yang telah memberikan donasi untuk penelitian melalui dana PKM 2014.
8. Tim PKM-P 2014 dengan anggota Irepia Refa Dona, Rahmi Kurnia Putri, Jemmy Rohmana, dan Risaldi Putra.
9. Kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan semangat dan doa untuk penulis dengan tidak henti-hentinya.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya Program Studi Fisika angkatan 2010.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan yang disebabkan pengetahuan penulis yang terbatas. Oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan agar tugas ini dapat disempurnakan, akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca, Amiin.

Padang, Juni 2014

Silvia Dona Sari

17506

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Pertanyaan Penelitian	5
F. Tujuan Penelitian	6
G. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS	
A. Air Tanah	7
B. Sifat Kelistrikan Batuan	13
C. Tahanan Jenis Batuan.....	14
D. Metode Geolistrik Tahanan Jenis.....	18
E. Tahanan Jenis Semu Konfigurasi <i>Wenner</i>	24
F. Metode Inversi <i>Robust Constrain</i>	26
G. Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	27

H. Penelitian-Penelitian yang Relevan.....	28
I. Kerangka Berfikir	29
BAB III METODA PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Tempat dan Waktu Penelitian	31
C. Parameter Penelitian.....	31
D. Instrumen/Alat dan Bahan	32
E. Prinsip Pengukuran ARES.....	33
F. Prosedur Penelitian	37
G. Teknik Analisis dan Interpretasi Data.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data.....	42
B. Hasil dan Interpretasi Data.....	44
C. Pembahasan.....	52
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	62
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis – Jenis Kelas Permeabilitas	11
2. Nilai Permeabilitas Untuk Beberapa Bahan	12
3. Beberapa Harga Tahanan Jenis Batuan	15
4. Nilai Tahanan Jenis Berbagai Macam Mineral	15
5. Nilai Porositas Untuk Beberapa Bahan	17
6. Nilai Tahanan Jenis Semu Setiap Lintasan	42
7. Sebaran Nilai Tahanan jenis, Kedalaman, dan Material Lintasan 1	46
8. Sebaran Nilai Tahanan jenis, Kedalaman, dan Material Lintasan 2	48
9. Sebaran Nilai Tahanan jenis, Kedalaman, dan Material Lintasan 3	50
10. Sebaran Nilai Tahanan jenis, Kedalaman, dan Material Lintasan 4	52
11. Perkiraan Rata – Rata Porositas dan Permeabilitas	53
12. Nilai Tahanan Jenis dan Kedalaman Air Tanah pada Tiap Lintasan ...	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Model Sistem Pergerakan Air Tanah	7
2. Akuifer Tertekan	9
3. Akuifer Bebas.....	10
4. Titik Arus pada Permukaan dari Medium Homogen	20
5. Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial di Atas Permukaan Tanah yang Homogen Isotropis dengan Resistivitas ρ	22
6. Susunan Elektroda pada Konfigurasi <i>Wenner</i>	24
7. Kerangka Berfikir Penelitian.....	29
8. <i>ARES Main Unit</i>	33
9. Desain Lintasan Pengukuran.....	38
10. Penampang Model 2D Lintasan 1	45
11. Penampang Model 2D Lintasan 2	47
12. Penampang Model 2D Lintasan 3	49
13. Penampang Model 2D Lintasan 4	51
14. Penampang Model 2D Hasil Pengolahan Lintasan 1, 2, 3, dan 4	59
15. Penampang Model 3D Lintasan 1, 3, dan 4	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Geologi Kota Padang	67
2. Resistivitas Batuan Beku dan Metamorf	68
3. Resistivitas Batuan Sedimen.....	69
4. Data.....	70
5. Cara Menghitung Kedalaman	74
6. Dokumentasi	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Lempeng Pasifik. Aktivitas tektonik yang disebabkan oleh ketiga lempeng tersebut menyebabkan topografi di wilayah Indonesia bervariasi dari daratan, perbukitan sampai dengan pegunungan. Topografi yang seperti ini tersusun oleh batuan yang berasal dari letusan gunung api, atau terangkatnya dasar lautan pada zona subduksi. Batuan yang terbentuk ini akan mudah lapuk akibat perubahan iklim. Batuan yang lapuk ini disebut dengan tanah. Tanah umumnya memiliki komposisi yang terdiri dari sebagian lempung dan sedikit pasir. Batuan yang melapuk (tanah) yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan atau pegunungan dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi longsor.

Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan merupakan salah satu daerah rawan longsor di Kota Padang. Daerah ini sering terjadi longsor dan menelan banyak korban. Longsor yang terjadi pada tahun 1999 mengakibatkan 67 orang meninggal dunia dan puluhan rumah hancur. Tahun 2000 dan 2001 longsor kembali terjadi yang menewaskan puluhan jiwa. Tahun 2005 longsor kembali terjadi di daerah ini (Nuzuwir, 2012). Longsor yang berulang kali terjadi seharusnya bisa diantisipasi agar kerugian yang ditimbulkan longsor tidak banyak.

Longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng, dapat berupa batuan asli, tanah pelapukan, bahan timbunan atau kombinasi dari material-material tersebut yang bergerak ke arah bawah dan keluar lereng (Nandi, 2007). Longsor merupakan peristiwa terjadinya pergerakan tanah, seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah, yang terlepas dari bagian utama gunung atau bukit. Tanah longsor terjadi karena adanya gangguan kestabilan pada tanah/batuan penyusun lereng. Salah satu faktor penyebab gangguan kestabilan lereng adalah peningkatan kandungan air tanah dalam lereng.

Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat dalam ruang antar butir - butir tanah. Menurut Ogungbe (2012: 32) “Air tanah merupakan air yang mengisi ruang dan sendi antar partikel tanah”. Air yang mengisi ruang dan sendi antar partikel tanah sangat tergantung dengan besarnya curah hujan dan besarnya air yang dapat meresap ke dalam tanah. Air yang meresap ke dalam tanah bergabung membentuk suatu formasi geologi yang disebut dengan akuifer.

Akuifer adalah suatu lapisan yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang banyak. Menurut Chay (2010: 246) “Akuifer merupakan formasi batuan yang berfungsi menyimpan air tanah dalam jumlah besar”. Kemampuan akuifer dalam menyimpan dan meloloskan air tergantung jenis batuan dan tanah dimana air terkumpul. Berdasarkan kemampuan meloloskan air akuifer dapat dibedakan menjadi dua yaitu akuifer tertekan dan akuifer bebas. Akuifer bebas merupakan suatu formasi batuan yang dibatasi oleh lapisan kedap air (*impermeable*) pada lapisan

bawah dan bagian atas berupa muka air tanah. Akuifer bebas dapat memicu terjadinya longsor. Hal ini disebabkan air yang ada didalam akuifer bebas dapat merembes keluar melalui muka air tanah.

Sebaran air tanah dapat diperkirakan dengan menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis. Metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial listrik yang ditimbulkan di permukaan bumi melalui elektroda potensial, sehingga didapatkan nilai tahanan jenis semu daerah penelitian. Nilai tahanan jenis semu diinterpretasikan sehingga menghasilkan nilai tahanan jenis sebenarnya dan kedalaman lapisan batuan daerah penelitian. Hasil interpretasi diestimasi dengan cara membandingkan nilai tahanan jenis sebenarnya dengan geologi Daerah Bukit Lantiak dan tabel Tahanan Jenis, sehingga diperoleh sebaran dan kedalaman air tanah. Metode Geolistrik mempunyai banyak konfigurasi. Salah satu konfigurasi yang cocok untuk penelitian ini adalah konfigurasi *Wenner*.

Konfigurasi *Wenner* mempunyai keunggulan dalam tingkat sensitif terhadap permukaan bumi secara lateral. Cocok digunakan dalam pemetaan sebaran air tanah dibandingkan konfigurasi *Schlumberger*, *Pole – dipole*, *Pole – pole*, *Dipole – pole*, dan *Square*. Data hasil penelitian ini diinterpretasi menggunakan metode inversi *Robust 2D*.

Inversi *Robust* merupakan metoda inversi yang digunakan jika *error* dan distribusi data tidak normal serta terdapat titik *point* data yang tajam. Menurut Loke (2004:50), “Metoda inversi *Robust 2D* memberikan hasil yang

baik dalam menggambarkan model resistivitas pada daerah yang memiliki batas lapisan yang tajam dibandingkan dengan metode inversi *Least Square*". Hasil yang baik dalam menggambarkan model resistivitas pada daerah yang memiliki batas lapisan yang tajam dapat dimanfaatkan dalam meningkatkan keakuratan interpretasi data penelitian.

Penelitian tentang sebaran air tanah belum pernah dilakukan di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. Untuk itu telah dilakukan penelitian dengan judul "Analisa Sebaran Air Tanah Menggunakan *Inversi Robust Constraint* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Wenner* di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan". Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pendugaan sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa identifikasi masalah yaitu :

1. Sebaran air tanah belum diketahui di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.
2. Kedalaman sebaran air tanah belum diketahui di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.
3. Jenis akuifer sebaran air tanah belum diketahui di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan di atas dan keterbatasan penulis maka perlu adanya batasan masalah, sebagai berikut :

1. Sebaran air tanah diketahui berdasarkan nilai tahanan jenis batuan.
2. Lintasan 1, 3, dan 4 dibuat paralel, sedangkan lintasan 2 mengikat lintasan 1, 3, dan 4.
3. Lokasi lintasan pengukuran yang dipilih adalah lokasi yang dapat membentangkan kabel elektroda

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana sebaran, kedalaman, dan jenis akuifer air tanah bila dianalisa menggunakan *inversi Robust Constrain* data geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Wenner* di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang?

E. Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan?
2. Berapakah kedalaman sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan?
3. Apakah jenis akuifer sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan?

F. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan
2. Mengetahui kedalaman sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.
3. Mengetahui jenis akuifer sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yaitu :

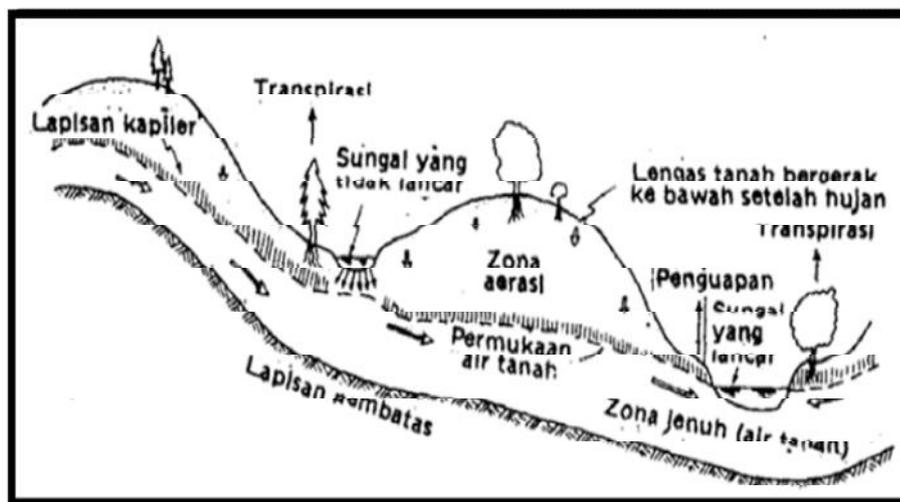
1. Memberikan informasi tentang keberadaan air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang.
2. Acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sebaran air tanah di daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang.
3. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Fisika FMIPA UNP.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah. Menurut Chay (2010: 244), "air yang berada di wilayah jenuh di bawah permukaan tanah disebut air tanah". Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah pada lajur/zona jenuh air (*zone of saturation*). Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan yang meresap (*infiltrate*) ke dalam batuan. Air permukaan/air hujan mula-mula meresap ke zona tak jenuh (*zone of aeration*), kemudian meresap semakin dalam mencapai zona jenuh air. Air yang mencapai zona jenuh disebut dengan reservoir air tanah. Proses terbentuknya air tanah dan sistem pergerakan air tanah seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model sistem pergerakan air tanah (Linsley, 1989:73)

Gambar 1 memperlihatkan model sistem pergerakan air tanah. Air yang meresap ke dalam tanah ada yang tertahan oleh partikel penyusun tanah, ada yang diserap oleh tumbuhan, dan ada yang terus meresap ke bawah (tanah). Air yang tertahan pada partikel penyusun tanah akan menguap kembali ke atmosfer. Gambar 1 memperlihatkan bahwa air hujan/air permukaan ada yang diserap oleh tumbuhan dan ada yang terus meresap ke bawah (tanah) melalui *zona aerasi* hingga mencapai *zona saturasi*. *Zona aerasi* adalah lapisan tanah yang tidak jenuh air. Pada saat kapasitas pori pada *zona aerasi* penuh, air kemudian meresap makin dalam hingga mencapai *zona saturasi*. Air yang ada di dalam *zona saturasi* ini disebut air tanah.

Air tanah berasal dari bermacam sumber. Air tanah yang berasal dari peresapan air permukaan disebut air meteorik. Air tanah yang berasal dari air yang terjebak pada waktu pembentukan batuan sedimen disebut air konat. Air tanah yang berasal dari aktivitas magma disebut dengan air juvenil (Todd, 1980). Jadi dapat disimpulkan bahwa air tanah berdasarkan asalnya digolongkan menjadi tiga jenis yaitu, air meteorik yaitu air yang berasal dari air permukaan, kemudian air konat air yang terperangkap dalam formasi batuan sewaktu terjadi proses pengendapan, dan air juvenil terbentuk akibat aktivitas magma.

1. Sifat Batuan yang Mempengaruhi Air Tanah

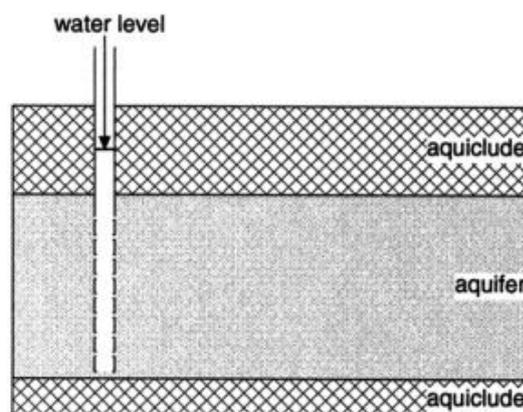
Berdasarkan kemampuan batuan menyimpan dan meloloskan air, batuan dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian. Menurut Todd

(1980: 52-53) batuan berdasarkan kemampuan dalam menyimpan dan meloloskan air dapat dibedakan menjadi empat kelompok.

- “a. *Aquifer* dapat didefinisikan sebagai formasi batuan yang berisi bahan permeabel jenuh yang cukup untuk menghasilkan jumlah air tanah, contohnya adalah pasir, kerikil, batupasir yang retak-retak dan batu gamping yang berlubang-lubang
- b. *Aquiclude*: lapisan batuan yang dapat menyimpan air, tetapi tidak dapat meloloskan air, contoh : lempung
- c. *Aquifug*: lapisan atau formasi batuan yang tidak dapat menyimpan dan meloloskan air, contoh : granit dan batuan yang kompak dan padat.
- d. *Aquitar*: lapisan atau formasi batuan yang semikedap contohnya lempung pasir, yang mampu mengalirkan air tetapi dengan laju yang sangat lambat jika dibandingkan dengan akuifer”.

Akuifer pada dasarnya adalah lapisan yang dapat menangkap dan meloloskan air. Menurut Chay (2010: 246) “berdasarkan kemampuan meluluskan air dari bahan pembatasnya, akuifer dapat dibedakan menjadi dua yaitu: akuifer tertekan (*confined aquifer*) dan akuifer bebas (*unconfined aquifer*)”.

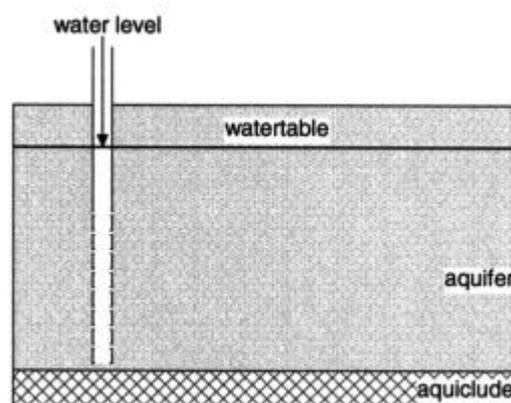
- a. Akuifer tertekan yaitu “suatu lapisan pembawa air yang berada diantara 2 lapisan batuan kedap air sehingga memiliki debit tetap” (Edy, 2013) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Akuifer tertekan (Kovalevsky, 2004:30).

Gambar 2 memperlihatkan gambaran akuifer tertekan, terlihat bahwa lapisan pembawa air (akuifer) terletak diantara dua lapisan *aquiclude*. Lapisan *aquiclude* adalah lapisan yang bisa menyimpan air dan tidak bisa meloloskan air (*impermeable*), sehingga air tanah yang ada di dalam akuifer tersebut terperangkap. Hal ini disebabkan karena air tanah tidak bisa merembes ke lapisan atas maupun lapisan bawah.

- b. Akuifer bebas yaitu suatu lapisan pembawa air yang dibatasi bagian atasnya oleh muka air tanah dan di bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2000), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Akuifer bebas (Kovalevsky, 2004: 30)

Gambar 3 memperlihatkan gambaran akuifer bebas, dimana lapisan pembawa air terletak diantara dua lapisan. Lapisan atas dibatasi oleh lapisan *watertable*, sedangkan lapisan bawah dibatasi oleh lapisan *aquiclude* (*impermeable*). Akibatnya air tanah yang ada didalam akuifer dapat merembes pada lapisan bagian atas, hal ini disebabkan oleh lapisan muka air tanah (*water table*) dapat meloloskan air (*permeable*).

2. Permeabilitas

Kondisi material bawah tanah sangat mempengaruhi aliran dan jumlah air tanah. Jumlah air tanah yang dapat disimpan dalam batuan dasar, sedimen dan tanah sangat bergantung pada permeabilitas. Menurut Andius (2012: 1) “permeabilitas dapat digambarkan sebagai kemampuan batuan dalam meloloskan air”. Jadi permeabilitas adalah kemampuan lapisan batuan untuk melewati atau meloloskan air. Berdasarkan kemampuan permeabilitas dalam meloloskan air per satuan waktu dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Jenis – jenis kelas permeabilitas per satuan waktu

Kelas Permeabilitas	Kecepatan (mm/jam)
Lambat: Sangat Lambat	< 1,25
Lambat	1,25 – 5,0
Sedang: Agak lambat	5,0 – 16
Sedang	16 – 50
Agak cepat	50 – 160
Cepat: Cepat	160 - 250
Sangat cepat	> 250

(Kemas, 2009: 81)

Tabel 1 menunjukkan jenis – jenis kelas permeabilitas per satuan waktu. Kelas permeabilitas berdasarkan kemampuannya dalam meloloskan air dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas yaitu, lambat, sedang, dan cepat. Kemampuan dalam meloloskan air tergantung pada nilai permeabilitasnya. Semakin besar nilai permeabilitas suatu material, kemampuan meloloskan air semakin cepat.

Nilai permeabilitas suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas salah satunya adalah ukuran rata-rata pori. Secara garis besar ukuran butir suatu partikel sebanding dengan ukuran pori dan nilai permeabilitasnya. Lapisan tanah berbutir kasar memiliki ukuran pori yang besar dan nilai permeabilitas yang tinggi, contohnya kerikil dan pasir. Lapisan tanah berbutir halus memiliki ukuran pori kecil dan nilai permeabilitas yang rendah, contohnya lempung. Tabel 2 memperlihatkan Nilai Permeabilitas untuk beberapa bahan.

Tabel 2. Nilai Permeabilitas untuk beberapa bahan

Nama Bahan	Permeabilitas
Lempung	0,0005
Pasir	50
Kerikil	5000
Kerikil & Pasir	500
Batu Pasir	5
Batu Kapur,serpih	0,05
Kwarsit, granit	0,0005

(Linsley, 1989: 76)

Tabel 2 memperlihatkan nilai permeabilitas untuk beberapa bahan, terlihat bahwa bahan berbutir kasar memiliki nilai permeabilitas yang tinggi, dan sebaliknya bahan berbutir halus memiliki nilai permeabilitas rendah. Menurut Harry J, dkk (2002: 27) “Batuan yang mempunyai permeabilitas tinggi dengan sendirinya mempunyai porositas yang tinggi, tetapi batuan yang mempunyai porositas tinggi belum tentu mempunyai permeabilitas tinggi”. Jadi sifat permeabilitas suatu batuan sangat mempengaruhi jumlah air tanah dalam suatu lapisan batuan. Menurut Nelson (2012: 2) “porositas rendah biasanya menghasilkan permeabilitas yang rendah, tetapi porositas tinggi tidak

selalu berarti permeabilitasnya tinggi. Hal ini disebabkan ruang antar pori yang sedikit atau tidak terkoneksi antar pori – pori material tersebut”. Ruang antar pori yang terkoneksi antar pori – pori sangat mempengaruhi nilai permeabilitas suatu material.

B. Sifat Kelistrikan Batuan

Kelistrikan batuan merupakan respon yang diberikan oleh batuan apabila arus dialirkan kepadanya. Respon yang diberikan batuan tersebut sebanding dengan harga tahanan jenis yang dimiliki oleh batuan itu. Menurut Telford *et al* (1976: 445-447) aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

Konduksi secara elektronik adalah konduksi yang terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik di alirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Konduksi secara elektrolitik adalah konduksi yang terjadi jika batuan/mineral bersifat porus dan pori-pori tersebut terisi oleh cairan elektrolitik. Konduksi secara dielektrik adalah konduksi yang terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik, artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit dan bahkan tidak ada. Menurut Telford *et al* (1976: 450)

“secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- a. konduktor : $10^{-8} \Omega\text{m} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
- b. semikonduktor : $1 \Omega\text{m} < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
- c. isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$ ”.

Berdasarkan harga resistivitas listrik di atas terlihat bahwa nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas, semakin tinggi nilai resistivitas suatu batuan maka semakin rendah nilai konduktivitasnya sehingga arus listrik sulit menembus batuan atau mineral tersebut.

C. Tahanan Jenis Batuan

Tahanan jenis merupakan sifat fisika yang menunjukkan kemampuan material dalam menghambat aliran arus listrik. Tahanan jenis pada setiap batuan berbeda - beda. Menurut Akmam (2004: 596), "nilai tahanan jenis pada batuan atau mineral tidak hanya dipengaruhi oleh minerologi batuan, melainkan juga tergantung kepada porositas, cairan elektrolit serta kandungan air yang terdapat dalam pori batuan". Beda potensial yang diberikan kepada batuan akan mengakibatkan adanya aliran arus. Aliran arus pada perlapisan batuan sangat bergantung kepada cairan elektrolitik dalam pori – pori batuan serta sifat konduktif batuan. Batuan- batuan yang jenuh air mempunyai tahanan jenis lebih rendah dibandingkan dengan batuan kering.

Secara teoritis setiap lapisan batuan mempunyai tahanan jenis yang dipengaruhi oleh komposisi mineral yang dikandung oleh batuan tersebut. Pendugaan air tanah dapat dikorelasikan dari beberapa harga tahanan jenis batuan seperti ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Beberapa harga tahanan jenis batuan

Batuan	Tahanan Jenis (Ωm)
Pasir lempungan	30-215
Lempung (basah)	1-100
Tanah berpasir (kering)	80-1050
Tanah (40% lempung)	8
Tanah (20% lempung)	33
Lempung (kering)	50-150
Pasir tufaan	20-100

(Sugito, 2010: 50)

Tabel 3 menunjukkan beberapa variasi nilai tahanan jenis pada batuan yang mempengaruhi air tanah. Lempung (kering) memiliki nilai tahanan jenis lebih besar dibandingkan Lempung (basah). Hal ini disebabkan Lempung (kering) tidak mengandung air, sehingga nilai konduktivitasnya rendah dan nilai tahanan jenisnya besar, sebaliknya Lempung (basah) yang mengandung air memiliki nilai konduktivitas tinggi, akibatnya nilai tahanan jenisnya rendah. Tabel 4 memperlihatkan nilai tahanan jenis berbagai macam air.

Tabel 4. Nilai tahanan jenis berbagai macam mineral

Mineral	Tahanan Jenis (Ωm)
Precipitation	30 – 1000
Surface waters, in areas of igneous rock	30 – 500
Surface waters, in areas of sedimentary rock	10 – 100
Groundwater, in areas of igneous rock	30 – 150
Groundwater, in areas of sedimentary rock	1 – 100
Sea water	0,2
Drinking water (max. salt content 0,25 %)	>1,8
Water for irrigation and stock watering (max. salt content 0,25 %)	>0,65

(Rosli, 2012: 317)

Tabel 4 menunjukkan nilai tahanan jenis berbagai macam mineral, dimana tahanan jenis air tanah yang terdapat dalam batuan Beku berkisar antara $30 \Omega\text{m} - 150 \Omega\text{m}$, sedangkan nilai tahanan jenis air tanah yang terdapat dalam batuan Sedimen berkisar antara $1 \Omega\text{m} - 100 \Omega\text{m}$, dapat disimpulkan bahwa air tanah yang terdapat pada batuan beku memiliki nilai tahanan jenis, lebih tinggi dibandingkan nilai tahanan jenis air tanah pada batuan sedimen. Hal ini disebabkan karena kandungan air dalam batuan sedimen lebih banyak dibandingkan pada batuan beku. Kandungan air yang banyak dengan mudah mengantarkan listrik, sehingga tahanan jenisnya semakin kecil.

Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik. Harga tahanan jenis air tanah dipengaruhi oleh kandungan dan kualitas air yang terdapat dalam pori-pori batuan tersebut. Menurut Bouwer (1978: 28), "Material yang memiliki porositas yang besar belum tentu memiliki nilai tahanan jenis yang kecil, namun tergantung pada kandungan air yang terdapat dalam pori batuan tersebut". Pasir dan kerikil merupakan batuan yang mempunyai porositas yang besar, namun tidak semuanya batuan pasir dan kerikil ini memiliki konduktivitas yang tinggi dan tahanan jenis yang rendah. Pasir dan kerikil yang porinya kering atau tidak terdapat kandungan air memiliki nilai tahanan jenis yang besar. Sedangkan pasir dan kerikil yang porinya terisi banyak kandungan air memiliki kemampuan konduktivitas yang tinggi dan nilai tahanan jenis yang rendah. Tabel 5 memperlihatkan porositas untuk beberapa bahan formasi yang umum.

Tabel 5. Nilai porositas untuk beberapa bahan formasi yang umum.

Nama Bahan	Porositas %
Lempung	45
Pasir	35
Kerikil	25
Kerikil & Pasir	20
Batu Pasir	15
Batu Kapur,serpih	5
Kwarsit, granit	1

(Linsley, 1989: 76)

Tabel 5 menunjukkan nilai porositas untuk beberapa bahan formasi yang umum. Tabel 5 memperlihatkan bahwa Lempung memiliki porositas tertinggi, namun tidak dapat meloloskan air. Sifat tidak dapat meloloskan air pada Lempung disebabkan oleh jarak antar pori sangat rapat, sehingga air tidak dapat menembus kedalam batuan tersebut. Komposisi pada lempung juga berpengaruh dalam meloloskan air. Komposisi dominan pada lempung adalah silika dan alumina (Pettijohn, 1975). Kombinasi dari susunan silika dan alumina pada lempung mengakibatkan batuan tersebut tidak dapat meloloskan air. Pasir dan kerikil yang memiliki nilai porositas tinggi, dan dapat meloloskan air. Hal ini disebabkan oleh jarak antar pori besar, sehingga air dapat menembus kedalam batuan tersebut.

Kondisi material bawah tanah sangat mempengaruhi aliran dan jumlah air tanah. Batuan yang dapat dijadikan sebagai sumber air tanah adalah batuan yang mengandung ruang – ruang antar butir atau batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi, serta terdapat lapisan batuan *impermeable* (Harry, 2002: 27). Jadi batuan yang dapat dijadikan sebagai sumber air tanah adalah batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang

tinggi. Batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi jika terisi cairan yang membawa mineral konduktor, maka batuan tersebut akan menjadi penghantar listrik yang baik. Jenis cairan yang mengisi ruang *porous* itu juga ikut menentukan besar kecilnya tahanan jenis batuan karena cairan itu sendiri mempunyai nilai tahanan jenis, seperti penambahan salinitas pada cairan akan menurunkan harga tahanan jenis batuan tersebut.

D. Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Metode Geolistrik merupakan salah satu metode Geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Menurut Akmam dan Nofi (2013: 1) “Pada metoda geolistrik tahanan jenis, tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi dipelajari dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus. Beda potensial yang dihasilkan diukur melalui dua buah elektroda lainnya”. Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui prinsip kerja dari metoda geolistrik tahanan jenis adalah dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus sehingga menimbulkan beda potensial pada elektroda potensial.

Hubungan antara rapat arus J dengan kuat medan listrik E menurut Hukum Ohm adalah

$$J = \sigma E \dots\dots\dots (1)$$

dimana σ adalah daya hantar listrik. Besar kuat medan listrik

$$E = \frac{V}{L} \dots\dots\dots (2)$$

maka diperoleh

$$J = \sigma \frac{V}{L} \dots\dots\dots (3)$$

sehingga kuat arus I dapat ditulis

$$I = JA = \sigma \frac{A}{L} V \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan (4) memperlihatkan bahwa saat σ konstan, arus total I sebanding dengan beda potensial V . Perbandingan antara V dengan I pada konduktor disebut resistansi.

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (5)$$

Hubungan hambatan (R) dengan daya hantar listrik (σ) pada suatu logam konduktor dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) dan (5), yaitu:

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{A} \dots\dots\dots (6)$$

Hubungan antara tahanan jenis (ρ) dengan daya hantar listrik bahan (σ) dinyatakan pada Persamaan (8).

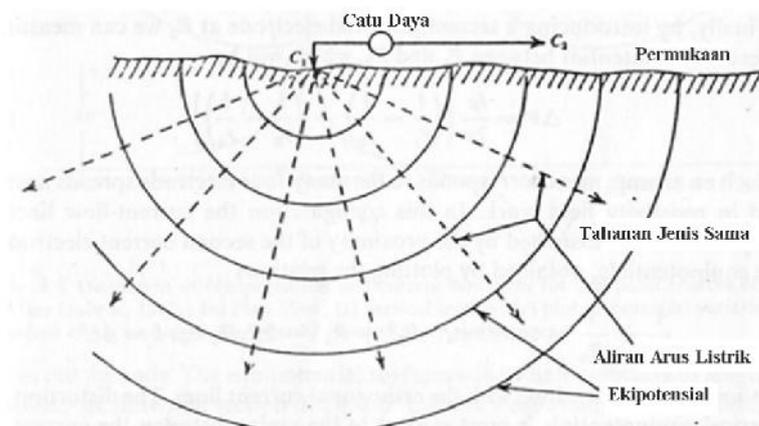
$$\rho = \frac{1}{\sigma} \dots\dots\dots (7)$$

sehingga Persamaan (6) dan (7) menjadi

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (8)$$

Berdasarkan Persamaan (9) dijelaskan bahwa tahanan jenis dengan kuat arus memiliki hubungan berbanding terbalik. Semakin besar nilai tahanan jenis suatu bahan maka arus listrik semakin sulit mengalir. Sebaliknya, semakin kecil nilai tahanan jenis suatu bahan maka semakin arus listrik semakin mudah mengalir melalui bahan tersebut. Tahanan jenis pada setiap batuan berbeda – beda, hal ini dapat dilihat pada lampiran 1 dan lampiran 2. Lapisan 1 menunjukkan resistivitas batuan beku dan batuan metamorf, sedangkan lampiran 2 menunjukkan resistivitas batuan sedimen.

Metode Geolistrik tahanan jenis mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik pada lapisan batuan di bawah permukaan bumi. Metode ini mengasumsikan bumi sebagai medium homogen isotropis, ketika arus dialirkan dalam bumi, arus listrik akan mengalir ke segala arah dan membentuk bidang equipotensial setengah bola. Aliran arus listrik di dalam bumi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik arus pada permukaan dari medium homogen isotropis (Telford et al, 1976: 635)

Jika medium homogen isotropis dengan luas A dilalui arus listrik I maka kerapatan arus J dapat dihitung menggunakan Persamaan (4). Jika

Persamaan (7) disubstitusikan pada Persamaan (1), maka diperoleh hubungan kerapatan arus J dengan tahanan jenis ρ yaitu:

$$J = \frac{E}{\rho} \dots\dots\dots (9)$$

Medan listrik E merupakan potensial gradien yaitu perbedaan potensial atau jatuh tegangan antara kedua titik yang diinjeksikan arus listrik sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan (10).

$$E = -\nabla V = -\frac{dV}{dr} \dots\dots\dots (10)$$

Medan listrik E pada Persamaan (9) disubstitusikan ke Persamaan (10) akan menunjukkan hubungan antara potensial gradien dengan tahanan jenis ρ dan kerapatan arus J pada Persamaan (11).

$$\frac{dV}{dr} = -\rho J \dots\dots\dots (11)$$

Jika kerapatan arus J pada Persamaan (4) disubstitusikan ke Persamaan (11) akan menghasilkan hubungan antara potensial gradien dengan luas permukaan A dan arus listrik I .

$$\frac{dV}{dr} = -\rho \frac{I}{A} \dots\dots\dots (12)$$

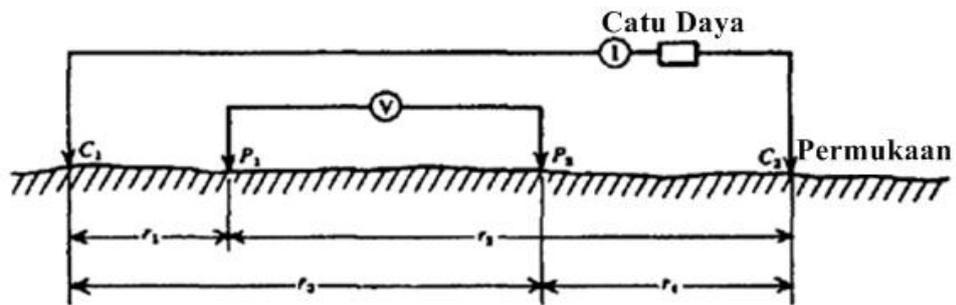
dimana luas permukaan A adalah luas permukaan distribusi arus yaitu setengah bola $2\pi r^2$ sehingga perbedaan potensial dV terhadap distribusi arus dr yaitu:

$$dV = -\rho \frac{1}{2\pi r^2} dr \dots\dots\dots (13)$$

Persamaan (13) dapat diselesaikan dengan cara melakukan pengintegralan sehingga diperoleh beda potensial V pada titik r yaitu:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \dots\dots\dots (14)$$

Metode Geolistrik terdiri dari dua elektroda arus dan dua elektroda potensial (Gambar 5). Apabila arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi, maka akan terjadi perbedaan potensial dipermukaan bumi.



Gambar 5. Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada permukaan tanah yang homogen isotropis dengan resistivitas ρ (Telford et al, 1976: 636)

Gambar 5 memperlihatkan susunan pasangan elektroda pada pengukuran dengan metode geolistrik. Pengukuran dengan metode geolistrik menggunakan empat buah elektroda, yaitu dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Berdasarkan Gambar 6 diumpamakan r_1 adalah jarak antara P_1 dengan C_1 , r_2 adalah jarak antara P_1 dengan C_2 , r_3 adalah jarak antara P_2 dengan C_1 dan r_4 adalah jarak antara P_2 dengan C_2 . Potensial yang disebabkan oleh C_1 pada P_1

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi r_1} \dots\dots\dots (15)$$

Potensial yang disebabkan oleh C_1 pada P_2

$$V_2 = \frac{I\rho}{2\pi r_3} \dots\dots\dots (16)$$

Potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_1

$$V_3 = \frac{I\rho}{2\pi r_2} \dots\dots\dots(17)$$

Potensial yang disebabkan oleh C_2 pada P_2

$$V_4 = \frac{I\rho}{2\pi r_4} \dots\dots\dots (18)$$

sehingga diperoleh

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (19)$$

Terakhir, dengan mengetahui potensial yang disebabkan oleh kedua elektroda C_1 dan C_2 pada P_2 , dapat dihitung perbedaan potensial antara P_1 dan P_2 , yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \dots\dots\dots (20)$$

Atau

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi G} = \frac{I\rho}{K} \dots\dots\dots(21)$$

sehingga

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(22)$$

dimana

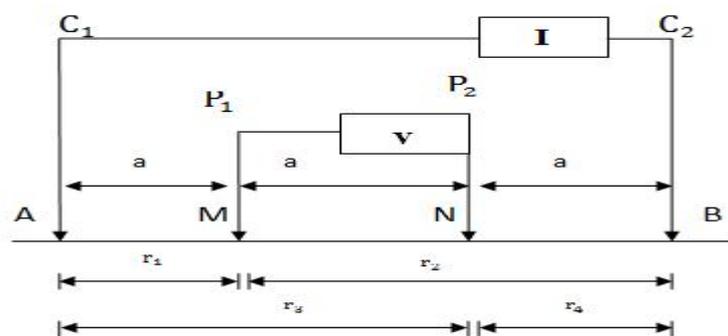
$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \dots\dots\dots(23)$$

K adalah faktor geometri dari susunan elektroda. Nilai K berubah sesuai dengan perubahan jarak spasi antara elektroda – elektroda.

E. Tahanan Jenis Semu Konfigurasi *Wenner*

Menurut Akmam (2004: 596), “Secara umum tahanan jenis bumi tidak homogen, berarti tahanan jenis yang terhitung adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity, ρ_a*)”. Tahanan jenis semu tidak secara langsung menunjukkan nilai tahanan jenis medium, namun mencerminkan distribusi nilai tahanan jenis medium. Hal ini disebabkan karena bumi merupakan medium non homogen yang terdiri dari banyak lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi potensial listrik yang terukur.

Salah satu susunan elektroda yang umum digunakan dalam pengukuran resistivitas adalah konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi *Wenner* dikembangkan oleh Wenner berkebangsaan Amerika. Konfigurasi *Wenner* menggunakan empat elektroda, keempat elektroda tersebut terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Jarak MN (P_1P_2) pada konfigurasi *Wenner* selalu sepertiga ($1/3$) dari jarak AB (C_1C_2). Bila jarak AB diperlebar, maka jarak MN juga harus diubah sehingga jarak MN tetap sepertiga jarak AB dan susunan jarak antar elektroda sama panjang seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Susunan elektroda *Wenner*

Berdasarkan Gambar (6) dapat dilihat bahwa susunan elektroda *Wenner* menggunakan empat elektroda (C_1 P_1 P_2 C_2), dengan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_4 = a$ dan $r_2 = r_3 = 2a$).

Konfigurasi elektroda *Wenner* mempunyai resolusi vertikal yang bagus, sensitiv terhadap perubahan lateral. Alat interpretasi tersedia dalam jumlah yang banyak (Reynold, 1997). Tingkat sensitif yang baik terhadap perubahan lateral tersebut menyebabkan konfigurasi ini baik digunakan dalam pemetaan (*mapping*).

Faktor geometri dari konfigurasi *Wenner* adalah:

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \text{ karena } r_1 = a, r_2 = 2a, r_3 = 2a, \text{ dan } r_4 = a,$$

maka:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)}$$

$$K = 2\pi a \dots \dots \dots (24)$$

dengan demikian persamaan (16) dapat di tulis menjadi:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} = 2\pi a \frac{V}{I} \dots \dots \dots (25)$$

Kemampuan penetrasi kedalaman konfigurasi *Wenner* adalah seperenam dari jarak elektroda arus, semakin besar jarak elektroda arus yang digunakan semakin dalam penetrasi arus yang digunakan. Berdasarkan persamaan 23 hubungan antara nilai kedalaman dan tahanan jenis semu adalah: semakin besar kedalaman maka semakin banyak variasi nilai tahanan jenis semu yang diperoleh atau semakin banyak lapisan yang teridentifikasi.

F. Metoda Inversi *Robust Constraint*

Data observasi yang diperoleh saat pengukuran dapat digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisis batuan, kondisi geometri batuan bawah permukaan dan posisi kedalaman batuan. Informasi ini bisa kita peroleh jika persamaan matematika yang menghubungkan antara sifat fisis batuan dan data observasi diketahui. Informasi tersebut biasanya dapat diperoleh jika persamaan matematika yang menghubungkan antara data lapangan dengan sifat-sifat fisis batuan juga diketahui. Persamaan Matematika tersebut mengestimasi sifat fisis batuan yang belum diketahui melalui proses inversi. Menurut Supriyanto (2007: 1) “proses inversi merupakan proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian Matematika dan Statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan bumi.”

Inversi *Robust* merupakan metoda inversi yang digunakan jika *error* dan distribusi data tidak normal serta terdapat titik *point* data yang tajam. Menurut Loke (2004: 50) “Inversi *Robust 2D* memberikan hasil yang optimal dalam menggambarkan model resistivity pada daerah yang memiliki batas lapisan yang tajam, dengan hasil gambaran geologi bawah permukaan lebih halus dibandingkan metoda inversi Least Square”. Inversi *Robust 2D* juga memiliki kelemahan yaitu Metoda inversi *Robust* kurang sensitif terhadap *error* pengukuran yang besar dibandingkan dengan metoda *Least Squares*” (Guitton *et al*, 2003).

Li *et al* (2009: 5) menyatakan persamaan inversi *Robust 2D* seperti Persamaan (34).

$$\ddot{y} = \hat{\phi}(x, u) + \Delta_{inv}(x, u) \dots\dots\dots(34)$$

Dimana $u = \hat{\mathcal{C}}^{-1}(x, \sigma)$ adalah adalah pengontrol inversi dan x merupakan *vektor state*, yaitu vektor keadaan yang menggambarkan model data dalam n pengukuran dan y merupakan output yang mengandung dua parameter yaitu kedalaman dan tahanan jenis. σ menyatakan input pengontrol *pseudo* dari sistem inversi. Pengontrol inversi u dari persamaan (34) dapat dinyatakan dengan Persamaan (35).

$$u = B^{-1}(x)[\dot{j}_c - A_1(x)] \dots\dots\dots(35)$$

dimana $A(x)$ dan $B(x)$ adalah fungsi nonlinier dari x . Kesalahan inversi dari inv dapat dinyatakan dengan Persamaan (36).

$$\Delta_{inv}(x, u) = \phi(x, u) - \hat{\phi}(x, u) \dots\dots\dots(36)$$

Inversi *Robust Constraint* dapat membatasi dan meminimalkan perubahan mutlak pada nilai tahanan jenis dan dapat meminimalkan efek *outlier* dalam data pada model inversi. Inversi ini menghasilkan model antar muka yang tajam di antara daerah yang berbeda dengan nilai tahanan jenis yang berbeda.

G. Kondisi geologi daerah penelitian

Kota Padang merupakan daerah yang secara topografi terdiri dari dataran tinggi/perbukitan, dataran rendah, daerah aliran sungai serta mempunyai pulau-pulau dan pantai. Topografi wilayah Kota Padang sebagian

besar berupa perbukitan dengan kemiringan sedang hingga curam. Kondisi ini diduga sering menyebabkan terjadinya gerakan tanah atau longsor akibat struktur tanah yang labil dan curah hujan yang cukup tinggi.

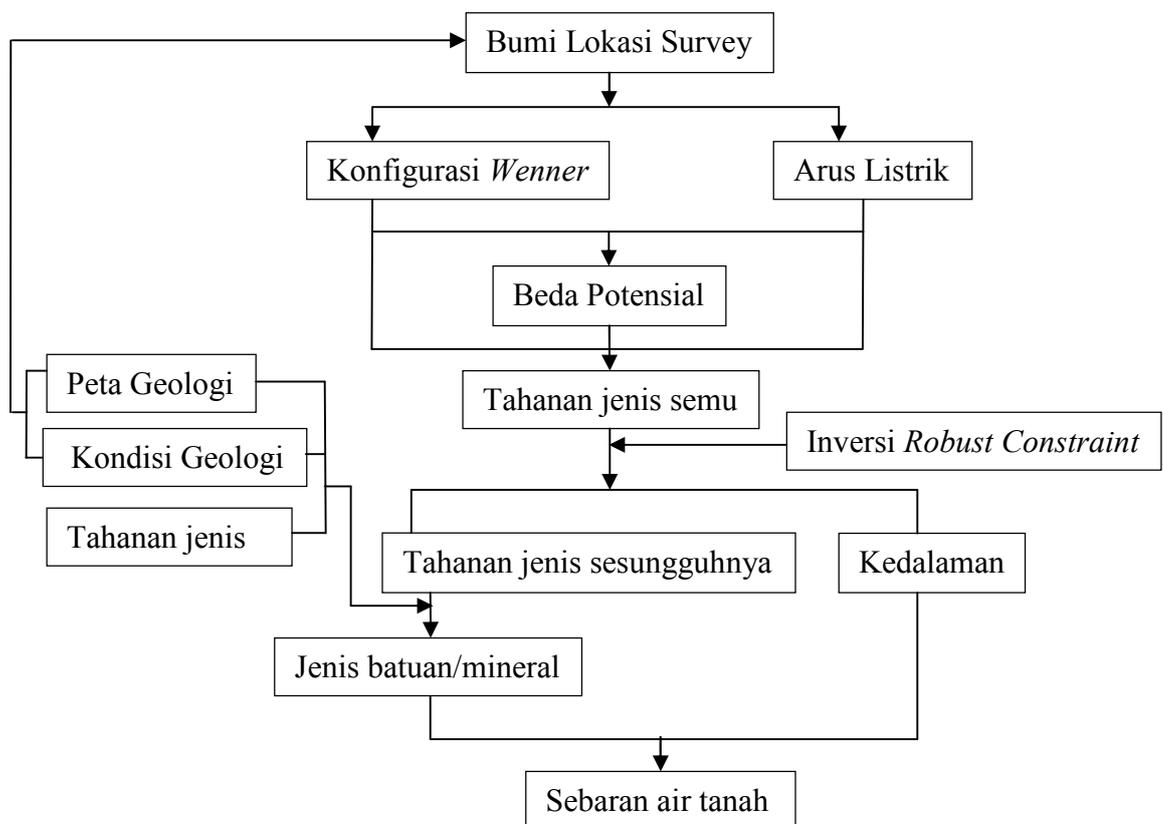
Kondisi geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1. Berdasarkan peta geologi pada Lampiran 1 dapat dilihat bahwa daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan disusun oleh 2 batuan utama, yaitu batuan *Andesite* dan *Tufa*. Batuan ini berasal dari batuan gunung berapi yang masih aktif berwarna hitam keabu-abuan hingga putih.

H. Penelitian-Penelitian yang Relevan

Penelitian menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dalam menentukan sebaran air tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Arif, dkk (2009: 26), diketahui bahwa daerah pada lapisan krikil pasir diinterpretasikan terdapat air tanah karena lapisan ini memiliki pori-pori dan air tanah berada diantara pori-pori krikil dan pasir tersebut. Lapisan batuan di Desa Banjar Sari Kecamatan Enggano terdiri dari 3 bagian yaitu: lapisan lempung pasir dengan nilai tahanan jenis 165-18,207 Ωm , lapisan krikil pasir dengan nilai tahanan jenis 22,5-258 Ωm , dan lapisan lempung dengan nilai tahanan jenis 2,04-20,5 Ωm . Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Supriyanto (2012: 173). Hasil penelitian ini didapatkan nilai resistivitas dari rentangan 0,391 – 2480 Ωm , diprediksi sebagai lapisan pasir yang bercampur lempung yang diperkirakan terdapat air tanah di dalamnya. Lapisan Air tanah diperkirakan terdapat pada kedalaman 2 sampai 19 meter.

I. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dalam penelitian ini menggunakan Konfigurasi *Wenner*. Saat arus listrik dialirkan ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial melalui elektroda potensial, maka didapatkan variabel terukur, seperti yang terlihat pada Gambar 7 berikut



Gambar 7. Kerangka berfikir penelitian

Gambar 7 memperlihatkan pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner*. Bumi sebagai pusat lokasi survey, saat arus listrik dialirkan ke bawah bumi, beda potensial akan terukur di permukaan bumi. Parameter yang didapat dari hasil pengukuran di lapangan (variabel bebas) adalah kuat arus listrik, beda potensial, dan jarak/spasi elektroda. Parameter yang dihitung (variabel

terikat) adalah tahanan jenis batuan. Variabel yang didapat saat pengukuran di lapangan dianalisa menggunakan *Microsoft Excel* menggunakan Persamaan (25). Analisa data akan menghasilkan nilai tahanan jenis semu. Penelitian ini menggunakan *Automatic Resistivity (ARES)*, sehingga nilai tahanan jenis semu didapat langsung saat pengukuran di lapangan. Nilai tahanan jenis semu diinterpretasikan menggunakan inversi *Robust Constraint* dengan bantuan *software Res2dinv*. Interpretasi data akan menghasilkan nilai tahanan jenis sebenarnya dan kedalaman lapisan batuan daerah penelitian. Nilai tahanan jenis sebenarnya dibandingkan dengan tabel tahanan jenis dan geologi daerah penelitian, sehingga diperoleh sebaran dan kedalaman air tanah daerah penelitian.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran air tanah dengan rentangan nilai tahanan jenis 2,6 - 20 Ω m dapat ditemukan pada Lintasan 1, Lintasan 2, Lintasan 3 dan Lintasan 4. Pola sebaran air tanah pada lintasan paralel yaitu Lintasan 1, 3, dan 4 masing – masing cenderung mengarah dari arah Timur Laut ke Barat Daya. Pola sebaran air tanah pada lintasan pengikat yaitu Lintasan 2 mengarah dari Barat ke Timur.
2. Sebaran air tanah pada Lintasan 1 dapat ditemukan pada kedalaman 9,1 – 22,6 m. Lintasan 2 sebaran air tanahnya dapat ditemukan pada kedalaman 11,7 – 22,6 m. Lintasan 3 sebaran air tanahnya pada kedalaman 9,1 – 19,85 m. Sebaran air tanah pada Lintasan 4 ditemukan pada kedalaman 8,1 – 30,2 m.
3. Jenis akuifer sebaran air tanah pada Lintasan 1 berupa akuifer bebas pada jarak 50 – 87,5 m dan 190 – 245 m. Jarak 121 – 151 m jenis akuifernya adalah akuifer tertekan. Lintasan 2, 3, dan 4 jenis akuifernya didapatkan berupa akuifer tertekan.

B. Saran

1. Hasil penelitian ini dapat direkomendasikan kepada Wali Kota Padang sebagai acuan untuk mengantisipasi bencana tanah longsor di Daerah Bukit Lantiak Kec. Padang Selatan Kel. Seberang Palinggam akibat pembebanan yang berlebihan dari air tanah.
2. Dilakukan penelitian lanjutan dengan metode yang lain di Daerah Bukit Lantiak Kec. Padang Selatan Kel. Seberang Palinggam sebagai perbandingan sebaran air tanah.