

LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DESA NAGESAPADHI KECAMATAN BOAWAE KABUPATEN NAGEKEO FLORES NUSA TENGGARA TIMUR

TUGAS AKHIR

Oleh:
RINDA ADI WIJAYANTO
0410930043-93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009

**STUDI AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DESA
NAGESAPADHI KECAMATAN BOAWAE KABUPATEN
NAGEKEO FLORES NUSA TENGGARA TIMUR**

TUGAS AKHIR

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

**Oleh:
RINDA ADI WIJAYANTO
0410930043-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
STUDI AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DESA
NAGESAPADHI KECAMATAN BOAWAE KABUPATEN
NAGEKEO FLORES NUSA TENGGARA TIMUR**

**Oleh:
RINDA ADI WIJAYANTO
0410930043-93**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Telah diperiksa dan disahkan oleh :

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

**Drs. Adi Susilo, Ph.D.
NIP. 131 960 447**

**Ir. Wiyono, M.Si
NIP. 131 276 244**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D.
NIP. 131 960 447**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : RINDA ADI WIJAYANTO
NIM : 0410930043-93
Program Studi : Fisika
Penulis Tugas Akhir berjudul :

**STUDI AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DESA
NAGESAPADHI KECAMATAN BOAWAE KABUPATEN
NAGEKEO FLORES NUSA TENGGARA TIMUR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juli 2009
Yang menyatakan,

(Rinda Adi Wijayanto)
NIM. 0410930043-93

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



STUDI AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DESA NAGESAPADHI KECAMATAN BOAWAE KABUPATEN NAGEKEO FLORES NUSA TENGGARA TIMUR

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian lapisan batuan bawah permukaan tanah di desa Nagesapadhi Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo Flores untuk menyelidiki cadangan air tanah karena usaha mendapatkan air semakin sulit akibat dari kerusakan fungsi lahan sebagai media penyimpan air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pendugaan kondisi struktur lapisan batuan bawah permukaan tanah secara vertikal dan horizontal terkait dengan sifat dan kemungkinan adanya airtanah didalamnya serta menduga jenis lapisan penyusun akuifer, pola sebaran dan kedalaman akuifer sebagai acuan untuk kegiatan eksploitasi air tanah.

Penelitian dilakukan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger pada 14 titik penelitian. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode *fitting curve automatic inversion*. Kemudian, hasil pengolahan data diinterpretasikan berdasarkan acuan data sekunder dan data teoritis.

Berdasarkan hasil penelitian, lapisan batuan penyusun daerah penelitian diduga tersusun atas 7 lapisan yang tersebar ke arah utara menuju lembah dengan pola sebaran mengikuti pola topografi dan kondisi keaktifan gunungapi Ambulombo. Lapisan tersebut diidentifikasi berupa soil (Tanah permukaan) sebagai lapisan pertama, lapisan ke dua berupa lava, lapisan ke tiga berupa pasir, lapisan ke empat berupa breksi, lapisan ke lima berupa pasir dan kerikil, lapisan ke enam berupa tufa, lapisan ke tujuh berupa granit. Akuifer diduga tersusun atas lapisan pasir dan pasir berkerikil dengan pola sebaran mengarah ke utara dan semakin membesar menuju ke arah titik 18. Akuifer berada pada kedalaman yang berkisar antara 7.85 meter sampai 35.98 meter dengan ketebalan yang bervariasi, yaitu antara 2.17 meter sampai 144.93 meter.

Kata kunci : *akuifer, metode geolistrik resistivitas, konfigurasi Schlumberger.*

STUDY ON AQUIFER USING SCHLUMBERGER CONFIGURATION BASED RESISTIVITY GEOELECTRIC METHOD AT NAGESAPADHI VILLAGE, BOAWAE SUBDISTRICT, NAGEKEO FLORES REGENCY, EAST NUSA TENGGARA

ABSTRACT

The underground rock layer research was applied at Nagesapadhi Village, Boawae Subdistrict, Nagekeo Flores Regency, East Nusa Tenggara to explore underground water supply because the effort to get water is difficult more cause of destruction of tune function such as water storage. The objective of the study is to guess the subsurface structure vertically and horizontally connected with characteristic and groundwater content possibility along with guess kind of aquifer compiler, its distribution, and depth of aquifer for underground water exploitation reference.

The Schlumberger configuration of Geoelectrical resistivity method was applied at 14 sounding points. Data processing was applied using *fitting curve automatic inversion* method. Afterward, data processing result interpreted based on secondary and teoritical data reference.

Based on research result, the research area compiler were guess at 7 layers that distributed to north in the direction of valley with distribution model follow of Ambulombo volcanos topography model and it activity. That layer was identified soil as top layer, the second layer is lava, third layer is sand, fourth layer is breksi, fifth layer is gravel sand, sixth layer is tufa, and the last layer is granit. Aquifer were guess compiled of sand and gravel sand with distribution model in the direction to north and more larger to point 18 direction. The aquifer was between 7.85 until 35.98 meters depth between thickness of 2.17 until 144.93 meters.

Keywords: *aquifer, resistivity geoelectric method, Schlumberger configuration.*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada ALLAH SWT atas segala karunia-Nya, ridho dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

“STUDI AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DESA NAGESAPADHI KECAMATAN BOAWAE KABUPATEN NAGEKEO FLORES NUSA TENGARA TIMUR”

Keberhasilan pelaksanaan dan penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus hati penulis ucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Drs. Adi Susilo, Ph.D., selaku dosen pembimbing I dan ketua jurusan fisika yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Wiyono, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Kusharto Kusno, M.Pd., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingannya.
4. Ir. Imam selaku pendamping pengambilan data yang telah memberikan arahan dan fasilitas.
5. Dosen penguji yang telah memberikan masukan, arahan dan nasehat.
6. Kedua orangtua, adik beserta keluarga, yang telah membantu dengan segala kasih sayang serta memberikan dukungan doa, dan semangat untuk kelancaran pelaksanaan dan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Fisika 2004, yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas semua dukungan dan semangat yang telah diberikan.
8. Teman seperjuangan, Fajar dan Andi Budi yang telah berkerja sama dalam akusisi data.

9. Para staf TU Fisika, dan laboran Geofisika yang telah banyak membantu penulis dengan sabar.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, penulis ucapkan terimakasih atas segala bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, maka dari itu dengan segala kerendahan hati penulis mohon kiranya dapat dimaklumi dan penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca yang sangat membangun.

Semoga penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2009

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRAK/ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Airtanah	5
2.2. Akuifer	5
2.3. Resistivitas Batuan	8
2.3.1. Resistivitas Semu	8
2.4. Metode Geolistrik	12
2.4.1. Geolistrik Resistivitas	12
2.5. Aliran Listrik Dalam Bumi	15
2.5.1. Potensial Titik Arus di Dalam Bumi	17
2.5.2. Potensial Titik Arus di Permukaan Bumi	18
2.5.3. Potensial Dua Titik Arus yang Berlawanan di Permukaan Bumi	19
2.6. Konfigurasi Elektroda Geolistrik Resistivitas	20
2.6.1. Konfigurasi Schlumberger	21
2.7. Kondisi Geomorfologi Derah Penelitian	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2. Peralatan Penelitian	25
3.3. Metodologi	25

3.3.1. Perencanaan -----	26
3.3.2. Akuisisi Data -----	27
3.3.3. Pengolahan Data -----	28
3.3.4. Interpretasi Data -----	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Analisa Hasil Penelitian -----	31
4.2. Pembahasan -----	40
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan -----	43
5.2. Saran -----	43
DAFTAR PUSTAKA -----	45



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Konsep resistivitas semu -----	9
Gambar 2.2. Cara kerja alat geolistrik -----	12
Gambar 2.3. Silinder dengan panjang (L) dan luas (A)-----	14
Gambar 2.4. Asumsi potensial titik arus listrik di dalam bumi -----	17
Gambar 2.5. Asumsi potensial titik arus listrik di permukaan bumi -----	18
Gambar 2.6. Susunan elektroda arus (A, B) & potensial (M, N) berbentuk silinder-----	19
Gambar 2.7. Konfigurasi Schlumberger -----	21
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian -----	26
Gambar 4.1. Lokasi dan desain titik akuisisi data -----	37
Gambar 4.2. Contoh kurva hasil pengolahan data titik 14 -----	32
Gambar 4.3. Penampang 2D hasil korelasi data titik 14 sampai titik 18 -----	33
Gambar 4.4. Penampang 2D hasil korelasi data titik 19 sampai titik 23 -----	34
Gambar 4.5. Penampang 2D hasil korelasi data titik 24 sampai titik 28 -----	35
Gambar 4.6. Penampang variasi kedalaman akuifer secara horizontal -----	39
Gambar L2.1. Kurva hasil pengolahan data titik 14-----	61
Gambar L2.2. Kurva hasil pengolahan data titik 15-----	62
Gambar L2.3. Kurva hasil pengolahan data titik 16-----	63
Gambar L2.4. Kurva hasil pengolahan data titik 17-----	64
Gambar L2.5. Kurva hasil pengolahan data titik 18-----	65
Gambar L2.6. Kurva hasil pengolahan data titik 19-----	66
Gambar L2.7. Kurva hasil pengolahan data titik 20-----	67
Gambar L2.8. Kurva hasil pengolahan data titik 21-----	68
Gambar L2.9. Kurva hasil pengolahan data titik 23-----	69
Gambar L2.10. Kurva hasil pengolahan data titik 24 -----	70
Gambar L2.11. Kurva hasil pengolahan data titik 25 -----	71
Gambar L2.12. Kurva hasil pengolahan data titik 26 -----	72
Gambar L2.13. Kurva hasil pengolahan data titik 27 -----	73
Gambar L2.14. Kurva hasil pengolahan data titik 28 -----	74
Gambar L3.1. Peta geologi daerah penelitian-----	75

Gambar L3.2. Peta hidrogeologi daerah penelitian-----	76
Gambar L4. Foto kegiatan akuisisi data -----	77
Gambar L4. Alat resistivitymeter -----	78

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kisaran nilai resistivitas batuan-----	10
Tabel 2.2. Nilai resistivitas batuan-----	10
Tabel 2.3. Nilai resistivitas batuan-----	11
Tabel 4.1. Hasil interpretasi data-----	36
Tabel L1.1. Data hasil akuisisi di titik 14-----	47
Tabel L1.2. Data hasil akuisisi di titik 15-----	48
Tabel L1.3. Data hasil akuisisi di titik 16-----	49
Tabel L1.4. Data hasil akuisisi di titik 17-----	50
Tabel L1.5. Data hasil akuisisi di titik 18-----	51
Tabel L1.6. Data hasil akuisisi di titik 19-----	52
Tabel L1.7. Data hasil akuisisi di titik 20-----	53
Tabel L1.8. Data hasil akuisisi di titik 21-----	54
Tabel L1.9. Data hasil akuisisi di titik 23-----	55
Tabel L1.10. Data hasil akuisisi di titik 24-----	56
Tabel L1.11. Data hasil akuisisi di titik 25-----	57
Tabel L1.12. Data hasil akuisisi di titik 26-----	58
Tabel L1.13. Data hasil akuisisi di titik 27-----	59
Tabel L1.14. Data hasil akuisisi di titik 28-----	60

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1. DATA HASIL AKUISISI -----	47
LAMPIRAN 2. KURVA HASIL PENGOLAHAN DATA---	61
LAMPIRAN 3. PETA-----	75
LAMPIRAN 4. DOKUMENTASI PENELITIAN-----	77
LAMPIRAN 5. PERALATAN PENELITIAN -----	78



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup, dan sebagian besar tubuh makhluk hidup terdiri dari air. Untuk memenuhi kebutuhan akan air, makhluk hidup mendapatkan air dari hujan, sungai, danau, mataair dan lain-lain. Seiring dengan meningkatnya kegiatan masyarakat di berbagai bidang seperti pembukaan lahan pertanian dan pemukiman, pengembangan wilayah pedesaan dan sarana lainnya, maka kebutuhan akan airpun semakin meningkat, namun tanpa diiringi dengan peningkatan cadangan air.

Di sisi lain, dengan adanya musim penghujan yang relatif singkat dan musim kemarau yang relatif lama, banyak daerah yang kekurangan air karena kerusakan fungsi lahan sebagai media penyimpan air, dimana air yang ada pada permukaan akan lebih cepat menguap sedangkan sebagian lagi lebih cepat meresap kedalam lapisan tanah yang lebih dalam, sehingga mengakibatkan debit air dari mataair dan sungai yang ada sangat kecil dan tidak mampu mencukupi kebutuhan masyarakat. Kondisi-kondisi semacam itu dialami oleh masyarakat Desa Nagesapadhi Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo Flores Propinsi Nusa Tenggara Timur, dimana data statistik BMG menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki curah hujan yang kecil dengan intensitas rendah dan musim kemarau yang panjang.

Berdasarkan data dari peta geologi setempat, kondisi batuan di daerah ini didominasi oleh batuan vulkanik, sehingga usaha mendapatkan air sulit untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan sifat batuan daerah tersebut bersifat semiporus sampai padu, sehingga sebaran airtanah tidak merata dan keberadaannya pada umumnya dalam sesuai dengan informasi yang terdapat pada peta geologi dan peta hidrogeologi daerah tersebut.

Dengan kondisi ini masyarakat di Desa Nagesapadhi mengandalkan tampungan air hujan dan sumber air yang jauh dari pemukiman dengan debit air kecil terutama pada musim kemarau. Dengan intensitas hujan yang rendah dan musim basah yang pendek, menjadikan daerah ini sangat kering. Sehingga, masyarakat sangat membutuhkan adanya sumber airtanah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan mereka.

Dalam memecahkan masalah diatas diperlukan suatu studi mengenai kondisi bawah permukaan tanah untuk mengetahui lapisan yang memungkinkan terdapat airtanah didalamnya untuk dijadikan sebagai informasi pendukung kegiatan eksploitasi airtanah guna memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih. Studi bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode penelitian geofisika dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan dibawah permukaan tanah, dimana prinsip kerjanya adalah memberikan aliran listrik ke dalam bumi dan mendeteksinya di permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas ini menghasilkan suatu nilai resistivitas batuan bawah permukaan tanah dan diinterpretasikan/ditafsirkan menjadi suatu informasi tentang jenis lapisan batuan bawah permukaan tanah beserta sifat-sifatnya yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan daerah eksplorasi airtanah yang tepat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian adalah:

1. Dibutuhkannya informasi kondisi bawah permukaan daerah penelitian sebagai acuan untuk kegiatan eksploitasi airtanah.
2. Dibutuhkannya informasi pola sebaran dan kedalaman akuifer untuk menentukan lokasi eksploitasi airtanah yang tepat.

1.3. Batasan Masalah

Agar bahasan penelitian tidak melebar, batasan masalah yang ditentukan adalah:

1. Penentuan struktur lapisan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan alat resistivitymeter merk OYYO, GPS (Global Positioning System) dan data penunjang lainnya (Peta Geologi, Peta Hidrogeologi).
2. Desain daerah penelitian berbentuk persegi panjang dengan 14 titik pelitian.
3. Akuisisi data dilakukan dengan jarak antar titik penelitian sejauh 25 meter dan jarak bentangan elektroda AB ± 400 meter.

4. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan paket program komputer dengan metode pencocokan kurva (*curve matching*).

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Melakukan pendugaan kondisi struktur lapisan batuan bawah permukaan tanah secara vertikal dan horisontal di Desa Nagesapadhi Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo Flores Propinsi Nusa Tenggara Timur dengan metode geolistrik resistivitas.
2. Melakukan pendugaan terhadap jenis lapisan penyusun akuifer, pola sebaran dan kedalaman akuifer di Desa Nagesapadhi Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo Flores Propinsi Nusa Tenggara Timur.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari studi ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai data acuan sebelum dilakukannya kegiatan eksploitasi atau pengeboran airtanah, sehingga eksploitasi airtanah dapat dilakukan pada posisi yang tepat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Airtanah

Airtanah adalah air yang terdapat pada lapisan batuan dibawah permukaan tanah yang menempati rongga-rongga dalam lapisan batuan yang permeabel (tembus air). Airtanah terbentuk dari air hujan dimana air hujan sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan meresap ke dalam tanah di daerah resapan dan mengalir melalui lapisan-lapisan batuan yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air (akuifer) menuju daerah lepasan (Sosrodarsono, 1983). Menurut Soemartono (1987) airtanah adalah air yang terdapat di dalam ruang antar butiran-butiran tanah maupun dalam retakan batuan. Hampir semua airtanah merupakan bagian dari siklus hidrologi.

Banyaknya air hujan yang meresap ke dalam tanah dipengaruhi oleh kemiringan permukaan tanah (topografi), kondisi cuaca, porositas dan permeabilitas lapisan tanah serta jumlah vegetasi yang terdapat pada daerah tersebut.

2.2. Akuifer

Akuifer merupakan sifat batuan yang dapat mengalirkan air, yaitu berupa lapisan batuan yang tembus air.

Sifat-sifat batuan yang mempengaruhi airtanah dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu:

1. Akuifer

Adalah formasi geologi yang tembus air (*permeable*), yaitu formasi yang mempunyai struktur yang memungkinkan adanya gerakan air melaluinya dalam kondisi medan biasa. Contoh: pasir, batu pasir, kerikil dan batu gamping.

2. Akuitar

Adalah formasi geologi yang bersifat setengah tidak tembus air (*semi impermeable*), dapat menyimpan air, tetapi hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah terbatas. Contoh: pasir lempungan, batuan lempung pasiran dan lempung pasiran.

3. Aquiclude

Adalah formasi geologi yang sama sekali tidak tembus air (*impermeable*), dimana formasi ini mengandung air tetapi

tidak memungkinkan adanya gerakan air yang melaluinya. Contoh: lempung, lanau, tuf halus dan serpih.

4. Akuifuge

Adalah formasi geologi kedap air yang tidak mengandung atau mengalirkan air. Contoh: batuan beku yang padat (Soemarto, 1995).

Keadaan sebuah akuifer ditentukan oleh struktur geologi dan bentuk topografinya. Dengan mengidentifikasi susunannya, maka dapat diketahui keadaan dan kedudukan airtanah berdasarkan kemampuannya dalam menahan, menampung, dan mengalirkan air serta besar kapasitasnya.

Berdasarkan susunan lapisan geologi dan kemampuannya dalam mengalirkan air, akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam (Sosrodarsono, 1983) yaitu:

1. Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*) adalah akuifer yang muka airtanahnya merupakan bidang batas sebelah atas dari daerah jenuh air dan bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air (*impermeable*).
2. Akuifer terkekang (*Confined Aquifer*) adalah akuifer yang sepenuhnya jenuh, air yang bagian bawah dan atasnya dibatasi oleh lapisan kedap air (*impermeable*) dan mempunyai tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer.
3. Akuifer setengah terkekang (*Semi Confined Aquifer*) adalah akuifer yang sepenuhnya jenuh, air dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (*semi impermeable*) dan bagian bawahnya terletak pada dasar yang kedap air (*impermeable*).
4. Akuifer menggantung adalah akuifer yang mempunyai massa airtanah terpisah dari tanah induk oleh lapisan yang relatif kedap air dan terletak diatas daerah jenuh.

Secara garis besar ada 2 jenis media penyusun akuifer berdasarkan sifat fisik batuan, yaitu:

1. Sistem media pori

Pada sistem media berpori, airtanah mengalir melalui rongga antar butir yang terdapat dalam batuan misalnya batu pasir dan batuan aluvial.

2. Sistem media rekahan

Pada sistem media rekahan, air mengalir melalui rekahan-rekahan yang terdapat pada batuan misalnya pada batu gamping, batuan metamorf dan lava (Seyhan, 1990).

Batuan sedimen berfungsi sebagai akuifer yang baik karena mempunyai banyak pori-pori seperti endapan vulkanik klastik, endapan lepas (pasir, kerikil dan kerakal) dan batu gamping berongga. Semakin halus ukuran butiran batuan, maka akan menjadi lapisan pembawa air yang buruk (kedap air) seperti lempung, gamping dan kristalin (Todd, 1980). Besaran yang berhubungan dengan pori-pori dinamakan dengan porositas, yaitu perbandingan antara isi pori-pori dengan isi batuan total yang dinyatakan dalam prosen.

$$\text{porositas} = \frac{\text{isi pori} - \text{pori}}{\text{volume batuan}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Bentuk pori-pori batuan tergantung dari ukuran butir, bentuk butir, ketidakteraturan (*irregularity*) susun butir dan distribusi butirannya. Porositas dalam endapan sedimen tergantung pada bentuk butir, susunan masing-masing butir, tingkat sedimentasi dan pematatannya (Soemarto, 1995).

Ketika air hujan murni tersimpan dalam pori-pori suatu batuan, zat-zat mineral dengan jumlah tertentu akan larut dan masuk kedalam pori-pori dan konduktivitas (daya hantar) elektrolitnya akan berubah. Konduktivitas semakin bertambah dengan panjangnya persinggungan air dengan batuan. Batuan seperti lempung yang basah mempunyai konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir atau kerikil yang basah.

Pada suatu akuifer, airtanah menempati pori-pori batuan, patahan atau retakan maupun lubang yang besar didalam tanah. Retakan biasanya terdapat dalam batuan kristalin atau batuan padat. Lubang-lubang yang besar merupakan ciri formasi batu kapur dan batuan gunungapi. Secara umum airtanah akan mengalir sangat perlahan melalui celah atau melalui pori-pori batuan. Kapasitas penyimpanan air suatu akuifer tergantung porositas batuannya.

Namun, kualitas suatu akuifer tidak hanya dipengaruhi oleh porositas batuan tetapi juga dipengaruhi oleh permeabilitasnya. Permeabilitas ditentukan oleh porositas efektif, dimana porositas efektif merupakan pori-pori batuan yang saling berhubungan

sehingga memungkinkan fluida yang ada didalamnya untuk bergerak. Permeabilitas merupakan suatu ukuran kemudahan aliran melalui suatu media porus. Secara umum makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan akan semakin rendah koefisien permeabilitasnya. Pasir atau campuran pasir dan kerikil merupakan lapisan batuan yang sangat baik sebagai akuifer karena porositasnya besar dan permeabilitasnya juga besar. Tetapi lapisan batuan dengan porositas yang besar belum tentu bisa berfungsi sebagai akuifer yang baik karena porositas yang besar tidak selalu disertai oleh permeabilitas yang baik, contohnya lempung. Walaupun memiliki porositas yang sangat besar, tetapi lempung memiliki permeabilitas yang kecil karena ruang-ruang antar butirnya (pori-pori) sangat kecil dan kadang tidak saling berhubungan sehingga air sulit atau tidak bisa bergerak. Contoh yang lain yaitu pada tanah lanau, lanau-lempung, pasir yang berlanau (Bowles, 1986).

2.3. Resistivitas Batuan

Resistivitas (hambatan jenis) batuan adalah kemampuan batuan untuk menghambat aliran listrik yang melaluinya (kebalikan dari konduktivitas batuan) dengan satuan unit Ohm-m.

Sifat fisis yang mempengaruhi nilai resistivitas batuan adalah porositas dan permeabilitas batuan. Resistivitas makin kecil bila:

1. Porositas makin besar dan jenuh air
2. Konsentrasi zat-zat elektrolit semakin banyak terlarut (Anonymous, 2001).

Permeabilitas merupakan suatu ukuran mudah tidaknya aliran fluida melalui suatu media porus. Lapisan batuan yang permeabel memiliki rongga-rongga yang berhubungan antara satu dengan yang lain sehingga dapat dilalui zat cair. Besarnya ukuran lubang tembus dan sifat zat cair akan menentukan permeabilitas batuan. Semakin kecil ukuran partikel penyusun batuan, semakin kecil pula pori-porinya, sehingga permeabilitasnya semakin rendah.

2.3.1. Resistivitas Semu

Dalam metode geolistrik resistivitas, bumi diasumsikan memiliki sifat homogen isotropis. Ketika arus listrik diinjeksikan kedalam bumi, pengaruh beda potensial yang diamati secara tidak langsung adalah hambatan jenis suatu lapisan batuan tertentu di dalam bumi. Nilai ini bukan nilai hambatan jenis yang sebenarnya.

Nilai hambatan jenis ini tergantung dari konfigurasi elektroda yang digunakan. Namun, pada kenyataannya, bumi tersusun atas lapisan-lapisan batuan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang diukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Sehingga, hambatan jenis ini disebut hambatan jenis semu (*Apparent Resistivity*). Resistivitas semu dirumuskan dengan:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.2)$$

dimana:

ρ_a : Resistivitas semu (Ωm)
 K : Faktor Geometris (m)
 ΔV : Beda potensial (V)
 I : Kuat arus (A)

Resistivitas semu suatu lapisan batuan merupakan konsep yang menggambarkan tentang sifat suatu lapisan batuan tertentu. Konsep ini dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.1.

Dimisalkan suatu medium terdiri dari dua lapisan dan mempunyai nilai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam pengukuran, medium ini akan dianggap sebagai satu lapisan yang homogen dan mempunyai satu harga resistivitas yaitu ρ_a (*Apparent Resistivity*) atau resistivitas semu.



Gambar 2.1. Konsep resistivitas semu.

Pada medium berlapis, harga resistivitas semu merupakan fungsi jarak bentangan antar elektroda arus. Untuk jarak bentang elektroda arus yang kecil akan memberikan ρ_a yang nilainya mendekati ρ batuan di dekat permukaan. Sedangkan untuk jarak bentangan elektroda arus yang besar, ρ_a yang diperoleh akan mewakili harga ρ lapisan yang lebih dalam. Kondisi batuan yang ada di permukaan tanah sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran. Faktor yang dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan antara lain adanya sisipan batuan lain pada suatu lapisan batuan utama,

pelapukan batuan induk yang tidak seragam, genangan air, pipa dalam tanah, dsb.

Nilai resistivitas berbagai jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sampai Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Kisaran nilai resistivitas batuan

Material	Resistivity (Ohm meter)
Sedimentary Rock	
Shale	$10 - 10^3$
Sandstone	$1 - 10^8$
Limestone	$50 - 10^7$
Dolomite	$10^2 - 10^4$
Lavas	$10^2 - 5 \cdot 10^4$
Tuffs	$2 \cdot 10^1 - 2 \cdot 10^2$
Unconsolidated Sediment	
Sand	$1 - 10^3$
Clay	$1 - 10^2$
Marl	$1 - 10^2$
Groundwater	
Portable well water	$1 - 10^3$
Brackish water	$0.2 - 1$
Sea water	0.2
Supersaline brine	$0.5 - 0.2$

Sumber: Telford, et all, 1976

Tabel 2.2. Nilai resistivitas batuan

Jenis batuan	Resistivitas (ohm.meter)
Gambut dan lempung	$8 - 50$
Lempung pasiran dan lapisan kerikil	$40 - 250$
Pasir dan kerikil jenuh	$40 - 100$
Pasir dan kerikil kering	$100 - 3000$
Batu lempung, napal dan serpih	$8 - 100$
Batu pasir dan batu kapur (breksi)	$100 - 4000$

Sumber: Verhoef, 1994

Tabel 2.3. Nilai resistivitas batuan

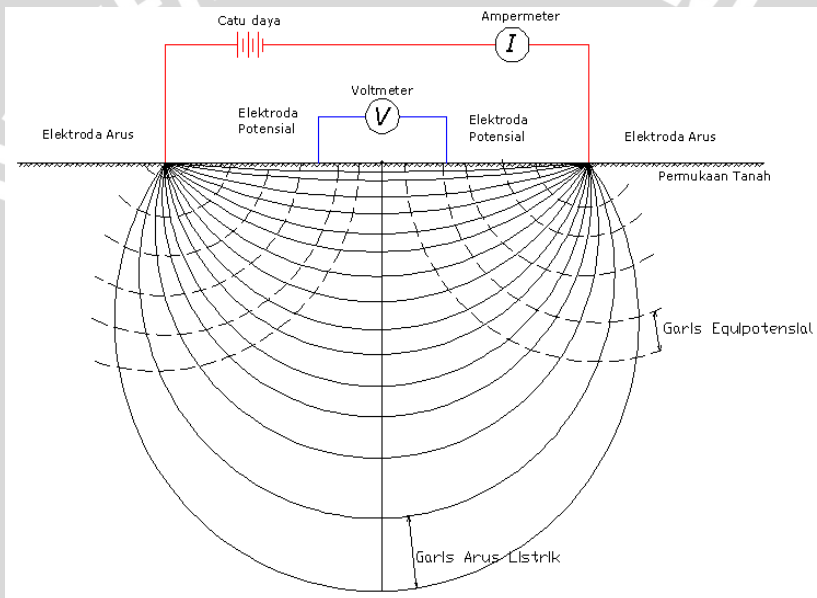
Rock Type	Resistivity Range (Ωm)
Igneous and Metamorphic Rocks	
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Andesite	$1.7 \times 10^2 - 4.5 \times 10^4$
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$
Tuffs	$2 \times 10^3 - 10^5$
Slates various	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$
Quartzites various	$10 - 2 \times 10^8$
Sediments Rocks	
Consolidates Shales	$20 - 2 \times 10^3$
Argilites	$10 - 8 \times 10^2$
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstones	$1 - 6.4 \times 10^8$
Limestones	$50 - 10^7$
Dolomite	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Unconsolidates wet clay	20
Marls	3 - 70
Clays	1 - 100
Alluvium and sands	10 - 800
Oil sands	4 - 800
Soils and water	
Groundwater	$0.1 - 10^3$
Brackish water	0.2 - 1
Sea water	0.3 - 0.2

Sumber: Blaricom, 1988

Tabel 2.1 sampai Tabel 2.2 menjelaskan nilai resistivitas batuan teoritis yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan interpretasi atau penafsiran jenis batuan pada hasil pengolahan data geolistrik resistivitas.

2.4. Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan metode penelitian geofisika dari permukaan tanah untuk mendeteksi lapisan-lapisan batuan dibawah permukaan tanah. Metode geolistrik meliputi pengukuran beda potensial, arus listrik dan elektromagnetik. Eksplorasi dengan metode geolistrik terdiri dari prinsip dan teknik yang banyak ragamnya baik dengan arus listrik searah maupun bolak-balik yang ditimbulkan oleh proses yang dibuat oleh manusia atau alamiah (Dobrin,1998).



Gambar 2.2. Cara kerja alat geolistrik

2.4.1. Geolistrik Resistivitas

Geolistrik resistivitas merupakan metode pendugaan lapisan batuan bawah permukaan tanah berdasarkan nilai resistivitas setiap jenis batuan yang terukur saat dialiri arus listrik. Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada kenyataan bahwa sebagian dari arus listrik yang diberikan pada lapisan tanah tertetrasi (menjalar) pada kedalaman tertentu dan bertambah besar dengan bertambahnya jarak

antar elektroda, sehingga jika jarak elektroda diperbesar, distribusi potensial pada permukaan bumi akan semakin membesar dengan nilai resistivitas yang bervariasi (Vingoe, 1972).

Metode geolistrik resistivitas mengukur variasi vertikal dan horisontal mengenai perubahan dalam hantaran arus listrik sebagai penunjuk posisi, batas dan hambatan semu dari berbagai keadaan bawah permukaan tanah. Dasar fisis dari pengukuran geolistrik resistivitas adalah dengan menginjeksikan arus listrik dengan frekuensi rendah kedalam tanah melalui elektroda dengan asumsi bahwa di dalam tanah tidak terdapat akumulasi muatan listrik.

Sistem injeksi arus dilakukan dengan memasukkan arus pada titik ukur di permukaan tanah dan pada titik ukur lainnya diukur beda potensial yang diakibatkan oleh arus yang telah dilewatkan pada lapisan tersebut. Ketika arus listrik dialirkan ke permukaan tanah, pengaruh dalam bentuk beda potensial yang diamati secara tidak langsung adalah hambatan jenis suatu lapisan batuan tertentu, namun hambatan jenis ini bukanlah nilai sesungguhnya akan tetapi merupakan hambatan jenis semu. Besaran ini tidak boleh diartikan sebagai suatu harga rata-rata, tapi merupakan pengertian abstrak yang didalamnya terkandung keterangan tentang kedalaman dan sifat suatu lapisan tertentu.

Menurut Robinson (1988), terdapat beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam metode geolistrik resistivitas, yaitu:

1. Bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan batuan yang dibatasi oleh bidang batas horisontal serta terdapat kontras resistivitas antara bidang batas perlapasan tersebut.
2. Tiap lapisan batuan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali untuk lapisan terbawah ketebalannya tak terhingga.
3. Tiap lapisan batuan dianggap bersifat homogen isotropik (Memiliki sifat yang sama dan berada pada keadaan yang sama pada waktu (t) yang bersamaan).
4. Tidak ada sumber arus selain arus yang diinjeksikan di atas permukaan tanah.
5. Arus listrik yang diinjeksikan adalah arus listrik searah.

Ada beberapa macam metode akuisisi atau pengambilan data di lapangan, diantaranya adalah:

1. *Lateral Mapping*

Lateral Mapping digunakan untuk mengetahui sebaran harga resistivitas di areal tertentu secara lateral atau horisontal.

2. Vertical Sounding

Vertical Sounding bertujuan untuk mengetahui distribusi harga resistivitas pada suatu titik target di bawah permukaan tanah secara vertikal, cara ini biasanya disebut sounding 1D karena resolusinya hanya bersifat vertikal.

3. Resistivitas 2D (gabungan dari *Lateral Mapping* dan *Vertical Sounding*).

Untuk metode Resistivitas 2D akan memberikan informasi distribusi harga resistivitas secara lateral dan vertikal (Uchron, 2006).

Dalam metode geolistrik resistivitas digunakan definisi-definisi:

1. resistansi : $R = V/I$ ohm, (2.3)

2. resistivitas : $\rho = E/J$ Ω m, (2.4)

3. konduktivitas : $\sigma = 1/\rho$ (Ω m) $^{-1}$, (2.5)

dengan:

V : beda potensial antara dua buah titik

I : besar arus listrik yang mengalir

E : medan listrik

J : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

Pengukuran geolistrik resistivitas ini didasarkan pada asumsi bahwa suatu lapisan batuan penyusun bumi dianggap sebagai suatu silinder konduktor dengan panjang L dan luas penampang A serta hambatan R, sehingga hambatan yang muncul dirumuskan dengan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.6)$$



Gambar 2.3. Silinder dengan panjang (L) dan luas (A)

Dari persamaan (2.3) dan (2.6), diperoleh persamaan resistivitas yaitu:

$$\rho = R \frac{A}{L} = \frac{V}{I} \frac{A}{L} \quad (2.7)$$

dengan:

ρ = resistivitas	I = besar arus listrik
V = beda potensial	L = panjang
A = luas penampang	R = hambatan

Jika silinder dialiri arus listrik sebesar I pada luasan A , maka besarnya rapat arus listrik (J) yang terjadi adalah banyaknya arus listrik yang melewati silinder persatuan luas, sehingga besarnya rapat arus yang terjadi dapat dirumuskan dengan:

$$J = \frac{I}{A} \text{ Ampere/m}^2 \quad (2.8)$$

Dan hubungan antara rapat arus dan intensitas medan listrik dinyatakan sebagai:

$$J = \sigma \cdot \bar{E} \quad (2.9)$$

2.5. Aliran Listrik Dalam Bumi

Batuan penyusun kerak bumi umumnya adalah batuan yang dapat menahan arus listrik. Batuan-batuan tersebut memiliki pori-pori yang pada umumnya diisi oleh air, air garam atau zat kimia sehingga bersifat elektrolit.

Aliran arus listrik di dalam batuan/mineral digolongkan atas tiga macam, yaitu:

1. Konduksi dielektrik

Konduksi dielektrik terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik (terjadi polarisasi muatan saat bahan dialiri listrik).

2. Konduksi elektrolitik

Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat porus dan pori-pori tersebut terisi cairan-cairan elektrolitik. Pada kondisi ini arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolit.

3. Konduksi elektronik

Konduksi elektronik terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral oleh elektron bebas.

Besarnya hambatan suatu batuan terhadap arus listrik tergantung dari hambatan elektrolit yang dikandung dan berbanding terbalik dengan porositas efektif serta kadar jenuhnya. Pada batuan kristalin yang memiliki porositas rendah, aliran elektrik terjadi pada

retakan-retakan batuan. Pada kenyataannya banyaknya diskontinuitas pada batuan akan menentukan besarnya hambatan.

Batuan di bumi umumnya mempunyai sifat kelistrikan berupa daya hantar listrik (konduktivitas), resistivitas, dan konstanta dielektrik. Konstanta dielektrik merupakan polarisasi material dalam suatu medium listrik. Konstanta dielektrik menentukan kapasitas induktif efektif dari suatu material batuan dan merupakan respon statik untuk medan listrik AC maupun DC (Dobrin, 1998).

Jika suatu medium homogen isotropik dialiri arus listrik searah I dan diberi medan listrik E , maka elemen arus δI yang melalui elemen luas δA dengan kerapatan arus J adalah:

$$\delta I = J \cdot \delta A$$

$$\text{dengan } J = \sigma \cdot E \text{ dan } E = -\nabla V, \text{ maka } J = -\sigma \cdot \nabla V$$

Jika di dalam medium tidak ada sumber arus, maka:

$$\int_s J \cdot dA = 0, \text{ dan menurut Hukum Gauss:}$$

$$\int_s J \cdot dA = \int_s \Delta \cdot J dV = 0$$

$$\text{sehingga: } \nabla \cdot J = -\nabla \cdot \nabla (\sigma \cdot V) = 0$$

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \cdot \nabla^2 V = 0$$

$$\nabla^2 = 0$$

Persamaan ini disebut Persamaan Laplace.

Dalam koordinat bola operator laplacian berbentuk:

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

Karena asumsi homogen isotropik, maka bumi mempunyai simetri bola, sehingga persamaan diatas dapat dituliskan:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial V}{\partial r} = 0 \quad (2.10)$$

Dengan memisalkan nilai konstanta sembarang pada persamaan laplace, dapat ditentukan dengan syarat batas yang harus

dipenuhi potensial $V(r)$ yaitu: $V_{(r)} = \frac{C_1}{r} + C_2$ dengan C_1 dan C_2 adalah konstanta sembarang. Pada jarak yang jauh, yaitu $r = \infty$ dan

$V_{(\infty)} = 0$, maka $C_2 = 0$ dan $V_{(r)} = \frac{C_1}{r}$ atau $V_{(r)} r = C_1$ (Waluyo, 2001).

2.5.1. Potensial Titik Arus di Dalam Bumi

Arus yang keluar secara radial dari titik arus melalui luas permukaan bola (A) dengan jari-jari (r) adalah:

$$I = 4\pi r^2 \rho \cdot J \quad (2.11)$$

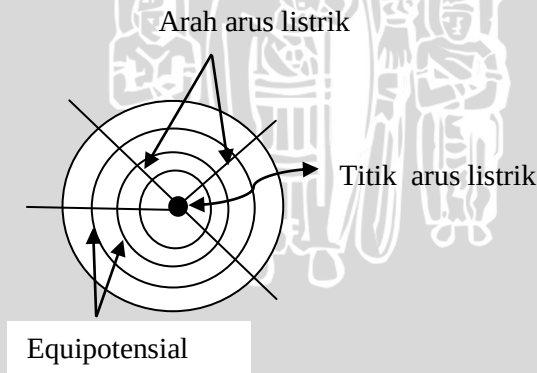
$$I = 4\pi r^2 \left(-\sigma \frac{dv}{dr} \right) \quad (2.12)$$

$$I = 4\pi \sigma C_1 \quad (2.13)$$

dengan $\sigma = \frac{1}{\rho}$, maka $I = 4\pi \frac{1}{\rho} C_1 \Rightarrow C_1 = \frac{I\rho}{4\pi} \Rightarrow V_{(r)} r = \frac{I\rho}{4\pi}$,

sehingga didapatkan $V_{(r)} = \frac{I\rho}{4\pi r}$ dan nilai resistivitas semu adalah:

$$\rho_a = 4\pi r \frac{V}{I}$$



Gambar 2.4. Asumsi potensial titik arus listrik di dalam bumi

2.5.2. Potensial Titik Arus di Permukaan Bumi

Untuk permukaan bumi yang dialiri arus I berlaku hukum Ohm:

$$I = -\frac{A}{\rho} \frac{dV}{dr} \quad (2.14)$$

karena luas setengah bola $A = 2\pi r^2$, maka arus I menjadi:

$$I = -\frac{2\pi r^2}{\rho} \frac{dV}{dr}$$

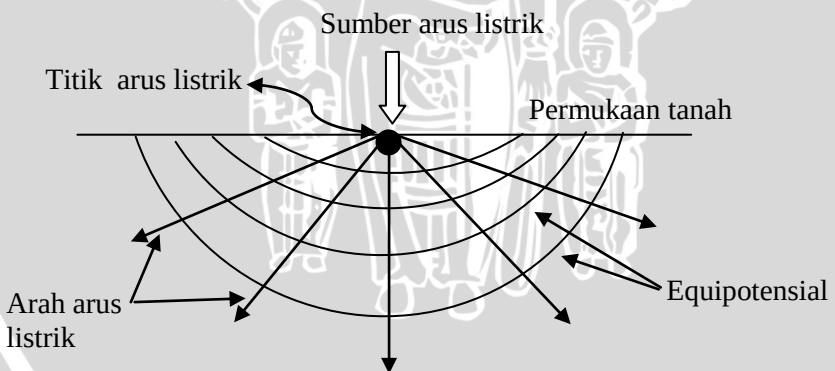
$$dV = -\frac{\rho I}{2\pi r^2} dr$$

Sehingga potensial di suatu titik sejauh r dari pusat arus adalah:

$$V = \int dV = \int_0^r -\frac{\rho I}{2\pi r^2} dr = -\frac{\rho I}{2\pi r}$$

Jadi, resistivitas semu adalah:

$$\rho_a = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.15)$$

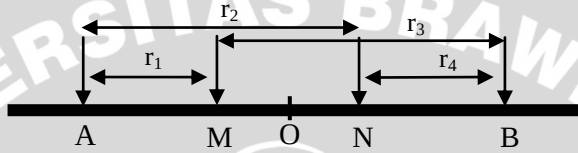


Gambar 2.5. Asumsi potensial titik arus listrik di permukaan bumi

2.5.3. Potensial Dua Titik Arus yang Berlawanan di Permukaan Bumi

Karena potensial adalah besaran skalar, maka potensial di sembarang titik oleh elektroda arus ganda merupakan penjumlahan potensial oleh dua arus elektroda tunggal. Dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{I_p}{2\pi r} \quad (2.16)$$



Gambar 2.6. Susunan elektroda arus (A, B) & potensial (M, N)

Potensial di titik M oleh arus yang melewati elektroda A dan B adalah:

$$V_M = \frac{I_p}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.17)$$

dan potensial di titik N adalah:
$$V_N = \frac{I_p}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)$$

Tanda negatif (-) disebabkan oleh arus yang arahnya berlawanan pada elektroda arus ganda.

Beda potensial yang terjadi antara titik M dan N yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda A dan B adalah:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I_p}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.18)$$

sehingga didapatkan nilai resistivitas semu:

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

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.19)$$

$$\text{dengan } K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (2.20)$$

K adalah faktor geometri yang diturunkan untuk konfigurasi elektroda. Faktor geometri ini merupakan suatu besaran yang berfungsi sebagai koreksi berbagai konfigurasi elektroda dalam metode geolistrik resistivitas.

2.6. Konfigurasi Elektroda Geolistrik Resistivitas

Konfigurasi elektroda merupakan model penyusunan elektroda arus dan elektroda potensial yang disusun sedemikian rupa sesuai dengan aturan tertentu dan tujuan yang dikehendaki.

Umumnya, geolistrik resistivitas menggunakan empat buah elektroda, dengan dua elektroda sebagai sumber arus (elektroda A dan B) dan dua elektroda yang lain sebagai pengukur beda potensial (elektroda M dan N). Keempat elektroda terletak pada satu garis simetris seperti pada Gambar 2.6.

Metode geolistrik resistivitas terdiri dari beberapa konfigurasi, yang masing-masing konfigurasi memiliki perhitungan resistivitas tertentu. Sesuai dengan ilustrasi Gambar 2.6, maka beberapa macam konfigurasi elektroda yang umum digunakan adalah:

1. Konfigurasi Wenner
Jarak AM, MN dan NB adalah sama.
2. Konfigurasi Schlumberger
Jarak AO = BO = s, MO = NO = b, eksentrisitas $b/s < 1/3$, titik O adalah pusat konfigurasi.
3. Konfigurasi Dipole-Dipole
Jarak AB = MN = a, BM = na.

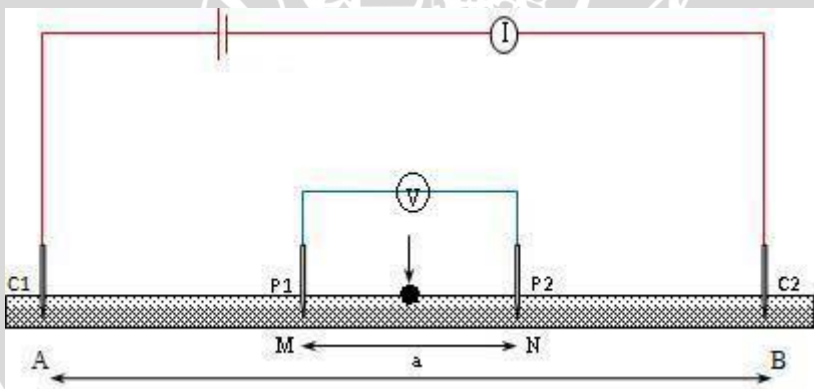
Akuisisi data di lapangan menghasilkan nilai hambatan dan jarak antar elektroda, sehingga diperlukan proses agar diperoleh nilai hambatan jenis terhadap kedalaman. Kemudian nilai hambatan jenis diplot terhadap jarak antar elektroda kedalam grafik, sehingga akan diperoleh kurva hambatan jenis. Dengan menggunakan kurva standar yang diturunkan berdasarkan berbagai variasi perubahan nilai hambatan jenis antar lapisan batuan secara ideal dapat ditafsirkan variasi nilai hambatan jenis terhadap kedalaman. Cara ini dapat menduga ketebalan lapisan tanah berdasarkan nilai hambatan

jenisnya, dan keadaan lapisan batuan di bawah permukaan tanah dapat ditafsirkan (Santoso, 2002).

2.6.1. Konfigurasi Schlumberger

Pengukuran geolistrik resistivitas menggunakan konfigurasi Schlumberger dilakukan dengan mengubah jarak elektroda arus (elektroda A dan elektroda B). Jarak elektroda potensial MN relatif diam dengan jarak $AB/2$ harus lebih besar dari pada MN, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Selama perbesaran jarak elektroda arus, jarak elektroda potensial tidak perlu diubah.

Dalam kondisi tertentu, pada konfigurasi Schlumberger akan terjadi pembacaan nilai beda potensial pada elektroda MN yang tidak stabil terutama pada jarak elektroda AB yang relatif jauh. Untuk mengatasi hal ini diperlukan arus injeksi dengan kuat arus yang lebih tinggi. Konfigurasi ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan. Agar pembacaan data pada konfigurasi Schlumberger lebih akurat, pada jarak bentangan AB yang relatif jauh hendaknya menambah jarak MN dengan ketentuan jarak $AB/2 > 5MN/2$ atau ketika pembacaan nilai beda potensial sedemikian kecil.



Gambar 2.7. Konfigurasi Schlumberger

Perhitungan faktor konfigurasi dipenuhi (lihat Gambar 2.7) sesuai dengan persamaan:

$$AM = BN = \frac{1}{2} (AB - MN) \quad (2.21)$$

$$AN = BM = \frac{1}{2} (AB + MN) \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \\ &= \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{\frac{1}{2}(AB - MN)} - \frac{1}{\frac{1}{2}(AB + MN)} \right) - \left(\frac{1}{\frac{1}{2}(AB + MN)} - \frac{1}{\frac{1}{2}(AB - MN)} \right) \right] \\ &= \frac{I\rho}{2\pi} \left[\frac{2}{\frac{1}{2}(AB - MN)} - \frac{2}{\frac{1}{2}(AB + MN)} \right] = \frac{I\rho}{\pi} \left[\frac{4MN}{AB^2 - MN^2} \right] \quad (2.23) \end{aligned}$$

$$\rho = \pi \left[\frac{AB^2 - MN^2}{4MN} \right] \frac{\Delta V}{I} \quad (2.24)$$

Sesuai dengan persamaan (2.19), nilai K untuk konfigurasi Schlumberger adalah:

$$K = \pi \left[\frac{AB^2 - MN^2}{4MN} \right] \quad (2.25)$$

Penempatan spasi atau jarak elektroda pada konfigurasi Schlumberger yang benar berpengaruh pada kedalaman pendugaan, karenanya penempatan spasi elektroda telah diperhitungkan antara kedalaman pendugaan dengan kondisi di lapangan. Penelitian dengan metode ini tidak boleh dilakukan ketika daerah survey dalam kondisi basah, baik karena hujan maupun faktor lain. Karena jika medium yang dilalui listrik basah, maka aliran listrik akan melalui medium yang basah tersebut sehingga menyebabkan data yang diambil tidak sesuai dengan yang diinginkan.

2.7. Kondisi Geomorfologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian geolistrik resistivitas terletak di Desa Nagesapadhi Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo Flores Propinsi Nusa Tenggara Timur. Secara geografis, Desa Nagesapadhi terletak pada 08°45'09,44" LS dan 121°09'53,8" BT dengan ketinggian 499 m dpl (Anonymous, 2008). Selain itu, Desa Nagesapadhi juga terletak di lereng Gunungapi Ambulombo yang masih aktif.

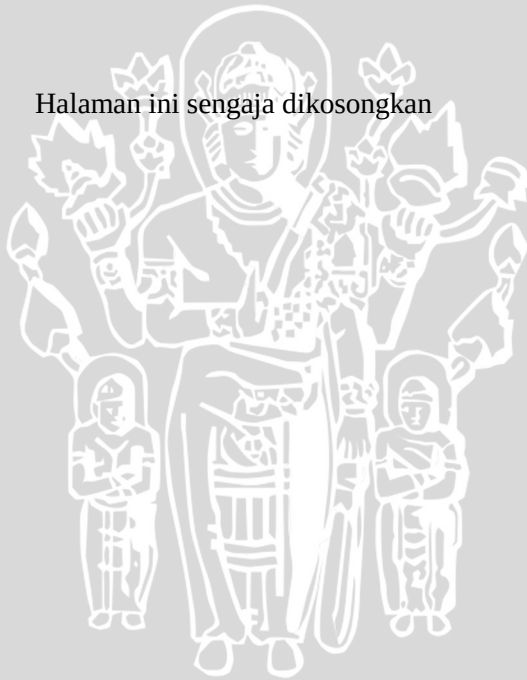
Topografi Kabupaten Nagekeo dipengaruhi oleh adanya daerah perbukitan dan pegunungan, serta diselingi lipatan-lipatan bergelombang. Keadaan vegetasi di kawasan Kabupaten Nagekeo hampir sebagian besar terdiri dari padang rumput. Pada daerah-daerah tertentu seperti pada alur-alur sungai terdapat hutan dengan pohon-pohon besar yang rapat. Jenis vegetasi penutup lahan diantaranya: hutan bambu, semak belukar, padang rumput dan perkebunan.

Berdasarkan peta geologi yang tercantum pada lampiran, batuan di Kabupaten Nagekeo didominasi oleh batuan produk vulkanik tua dan muda yang terdiri dari lava, breksi, aglomerat dan tufa bersisipan tufa pasir dan pasir tufaan. Batuan tersebut merupakan hasil erupsi gunungapi yang salah satunya dihasilkan oleh Gunungapi Ambulombo yang letaknya sangat dekat dengan daerah penelitian dengan kondisi masih aktif. Batuan-batuan tersebut bersifat semiporus sampai padu sehingga penyebaran air tanah tidak merata di semua daerah. Pemunculan mata air adalah akibat dari akuifer yang terpotong oleh lembah yang terbentuk akibat gejala geologi (sesar naik-turun/sesar mendatar) yang berada di sekitar daerah tersebut (Anonymous, 2008).

Berdasarkan peta hidrogeologi yang tercantum pada lampiran, daerah penelitian merupakan daerah yang memiliki akuifer dengan produktivitas kecil dan muka air tanahnya secara umum dalam, mengikuti bentuk topografi setempat. Daerah ini termasuk pada wilayah airtanah gunungapi kuarter yang memiliki karakteristik airtanah dalam akuifer dengan aliran airtanah melalui sistem ruang antar butir maupun sistem celah. Air hujan yang jatuh di daerah ini sebagian besar akan mengalir sebagai aliran permukaan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

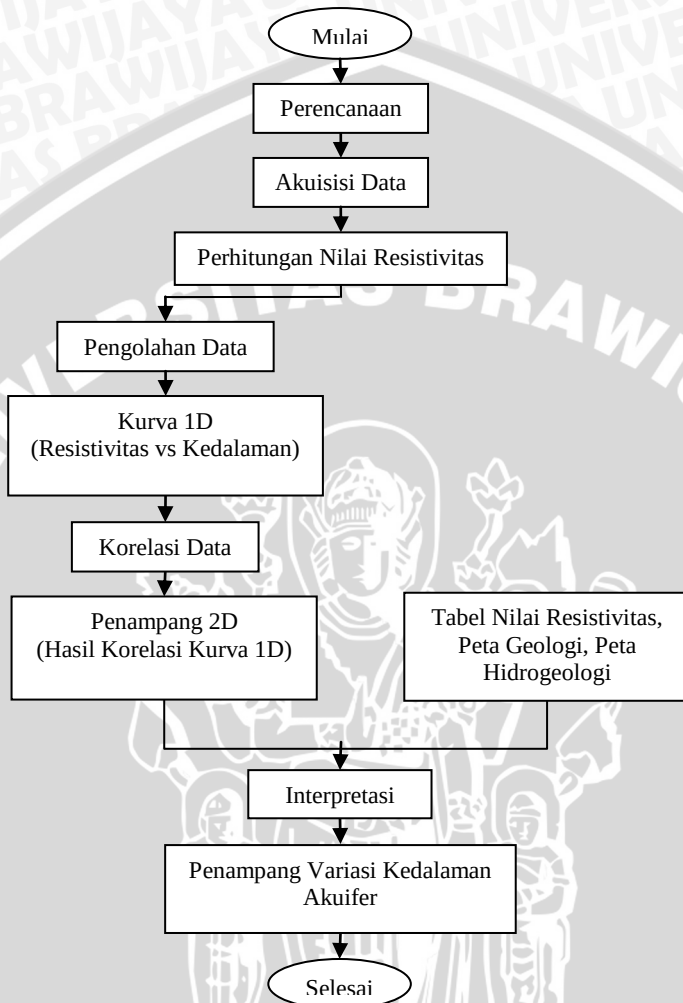
Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2008, di Desa Nagesapadhi Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo Flores Propinsi Nusa Tenggara Timur.

3.2. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian dengan metode geolistrik resistivitas adalah resistivity meter merek OYYO tipe MCOHM-EL MODEL-2119D, elektroda arus dan potensial (@ 2 unit), kabel arus dan potensial (@ 2 unit), accu kering (26 Ampere/ 12 Volt), palu, kompas geologi, GPS (Global Positioning System), roll meter 100 m, seperangkat komputer, pasak.

3.3. Metodologi

Pendugaan lapisan bawah permukaan tanah dilakukan dengan mengukur nilai hambatan lapisan batuan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger. Dari nilai hambatan yang terbaca, ditentukan nilai resistivitas semu dan resistivitas sebenarnya dari lapisan batuan melalui proses ekstrapolasi (perhitungan) dengan paket program komputer. Alur penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.3.1. Perencanaan

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian adalah pengamatan kondisi lapangan terkait dengan batas wilayah penelitian dan kondisi geografis guna mendukung perencanaan lokasi, penentuan posisi titik dan lintasan pengambilan data.

3.3.2. Akuisisi Data

Setelah lokasi penelitian ditentukan, tahap selanjutnya adalah akuisisi data lapangan. Pada penelitian ini, arus yang diinjeksikan selama dalam proses akuisisi data adalah arus searah (DC) untuk menghindari terjadinya akumulasi muatan listrik dalam lapisan batuan sehingga respon statis lapisan batuan terhadap arus listrik yang diinjeksikan berubah. Dalam melakukan akuisisi data, titik-titik akuisisi yang ditentukan dibuat dalam bentuk grid supaya mempermudah dalam melakukan korelasi data guna membuat penampang sayatan lapisan batuan bawah permukaan tanah daerah penelitian secara vertikal dan horisontal sehingga seluruh area penelitian dapat teridentifikasi dengan baik.

Dalam penelitian ini digunakan konfigurasi Schlumberger, karena konfigurasi Schlumberger memiliki keunggulan dalam kemampuannya untuk mendeteksi adanya non-homogenitas (ketidaksamaan) lapisan batuan sehingga lebih optimal untuk metode *vertical sounding* dibandingkan dengan konfigurasi lainnya. Namun, konfigurasi Schlumberger juga memiliki kelemahan antara lain pembacaan nilai beda potensial pada elektroda potensial (MN) yang terlampaui kecil (minus) terutama pada jarak elektroda arus (AB) yang relatif terlalu jauh. Untuk mengatasi hal ini diperlukan penguatan arus injeksi yang lebih tinggi atau dengan menggeser elektroda potensial (MN) dengan jarak yang lebih jauh sesuai dengan ketentuan dalam metode konfigurasi Schlumberger.

Proses pengambilan data (akuisisi) dilakukan dengan panjang bentangan elektroda AB ± 400 meter sesuai dengan konfigurasi Schlumberger. Jumlah titik akuisisi adalah 14 titik, masing-masing titik berjarak 25 meter yang membentuk grid persegi panjang. Langkah pengambilan data adalah:

1. Elektroda arus AB dan elektroda tegangan MN diposisikan sesuai dengan konfigurasi Schlumberger pada bentangan terpendek yang ditentukan. Kemudian nilai kuat arus listrik dan nilai hambatan yang terukur dicatat.
2. Selanjutnya, elektroda arus AB dipindahkan pada jarak berikutnya yang telah ditentukan dengan posisi elektroda potensial MN tetap. Catat nilai kuat arus listrik dan nilai hambatan yang terukur. Arah bentangan antara elektroda A, N, M dan B diupayakan lurus.

3. Lakukan langkah pada poin 2 sampai pembacaan nilai hambatannya terlampaui kecil (minus). Jika nilai hambatan terlampaui kecil, diberikan kuat arus yang lebih besar atau dengan memindah atau (menggeser) elektroda tegangan MN pada posisi tertentu yang sudah ditetapkan dengan elektroda arus AB tetap.
4. Lakukan langkah pada poin 1 sampai 3 hingga jarak bentangan maksimum yang diinginkan.

3.3.3. Pengolahan Data

Sebelum dianalisa dengan menggunakan paket program resistivitas, data hasil akuisisi seperti hambatan (R), beda potensial (V), dan kuat arus yang diinjeksikan (I), digunakan sebagai masukan pada proses ekstrapolasi (perhitungan) untuk mendapatkan nilai resistivitas semu (ρ_a). Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan software IPI2win, karena dengan software IPI2win dapat dihasilkan data resistivitas lapisan batuan, kedalaman, dan jumlah lapisan batuan secara vertikal pada masing-masing titik penelitian berikut dengan model sayatan lapisan batuan secara vertikal dan horisontal.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *fitting curve automatic inversion* untuk memperoleh nilai VES (*Vertical Electrical Sounding*) (Bobachev, 2002). Nilai masukan yang diberikan berasal dari jarak spasi elektroda (AB/2) serta nilai resistivitas semu (*Apparent resistivity*) yang dihitung berdasarkan

penggunaan rumus $\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} (\Omega m)$ sesuai dengan persamaan 2.19

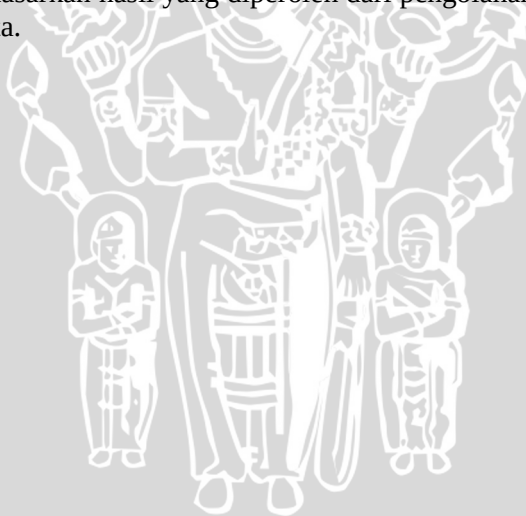
sampai 2.25. Untuk mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya dilakukan iterasi (perulangan) pada nilai masukan yaitu pada kedalaman dalam meter dan nilai resistivitas dalam Ωm untuk masing-masing lapisan batuan. Iterasi dilakukan hingga mencapai *fitting* (kecocokan/ketepatan) terbaik antara kurva lapangan dengan kurva standar dengan nilai kesalahan (*RMS yaitu Root Mean Square* atau akar kuadrat rata-rata) terkecil.

Lokasi akuisisi di lapangan dapat diketahui melalui tampilan dalam software MapSource karena dengan software tersebut dapat dihasilkan penampang lokasi penelitian berikut dengan desain titik penelitian dengan menggunakan masukan nilai koordinat titik penelitian.

3.3.4. Interpretasi Data

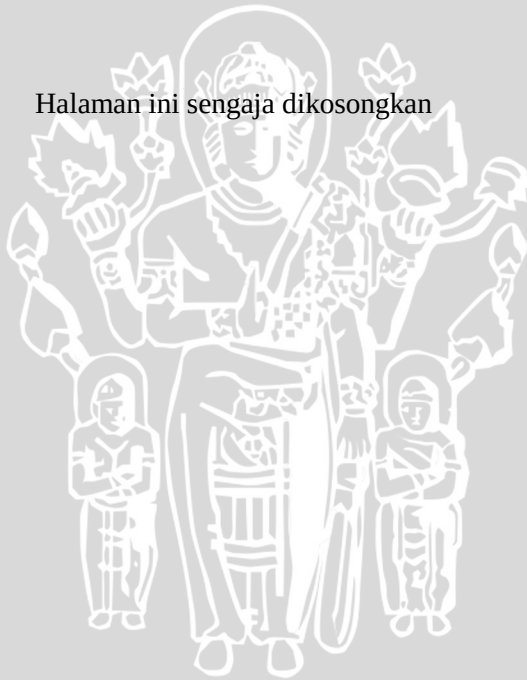
Tahap akhir penelitian adalah melakukan Interpretasi data. Pada tahap ini, hasil pengolahan data diinterpretasikan/ditafsirkan menjadi informasi tentang gambaran kondisi bawah permukaan tanah pada daerah penelitian meliputi jenis lapisan batuan, ketebalan dan kedalaman lapisan batuan. Interpretasi dilakukan berdasarkan hasil satu dimensi dan dua dimensi dengan acuan data nilai resistivitas batuan secara teoritis yang dapat dilihat pada tabel 2.1 sampai tabel 2.3 serta peta geologi dan hidrogeologi daerah penelitian yang dapat dilihat pada gambar L2.1 dan gambar L2.2.

Setelah dilakukan interpretasi terhadap hasil pengolahan data, selanjutnya dilakukan pemodelan variasi kedalaman akuifer. Dalam pemodelan variasi kedalaman akuifer digunakan software surfer, karena dengan software tersebut bisa didapatkan penampang variasi kedalaman akuifer secara horisontal dengan kenampakan yang cukup jelas sehingga mudah untuk dipahami. Pemodelan dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data dan interpretasi data.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari akuisisi data geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger adalah:

1. Jarak antar elektroda (m)
2. Beda potensial V (Volt)
3. Kuat arus I (Ampere)
4. Hambatan R (Ohm)

Data hasil akuisisi dapat dilihat pada lampiran 1.

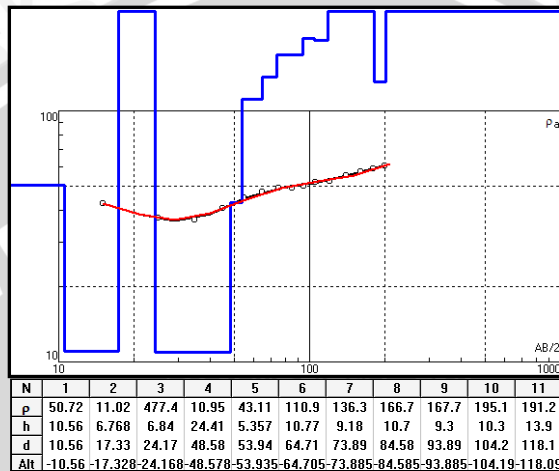
Dalam melakukan penelitian, titik akuisisi ditentukan dan ditandai dengan GPS untuk mendapatkan koordinat titik akuisisi yang digunakan sebagai masukan dalam software MapSource.



Gambar 4.1. Lokasi dan desain titik akuisisi data

Gambar 4.1 menerangkan tentang gambaran lokasi dan desain titik penelitian yang ditampilkan dalam bentuk posisi pada peta MapSource.

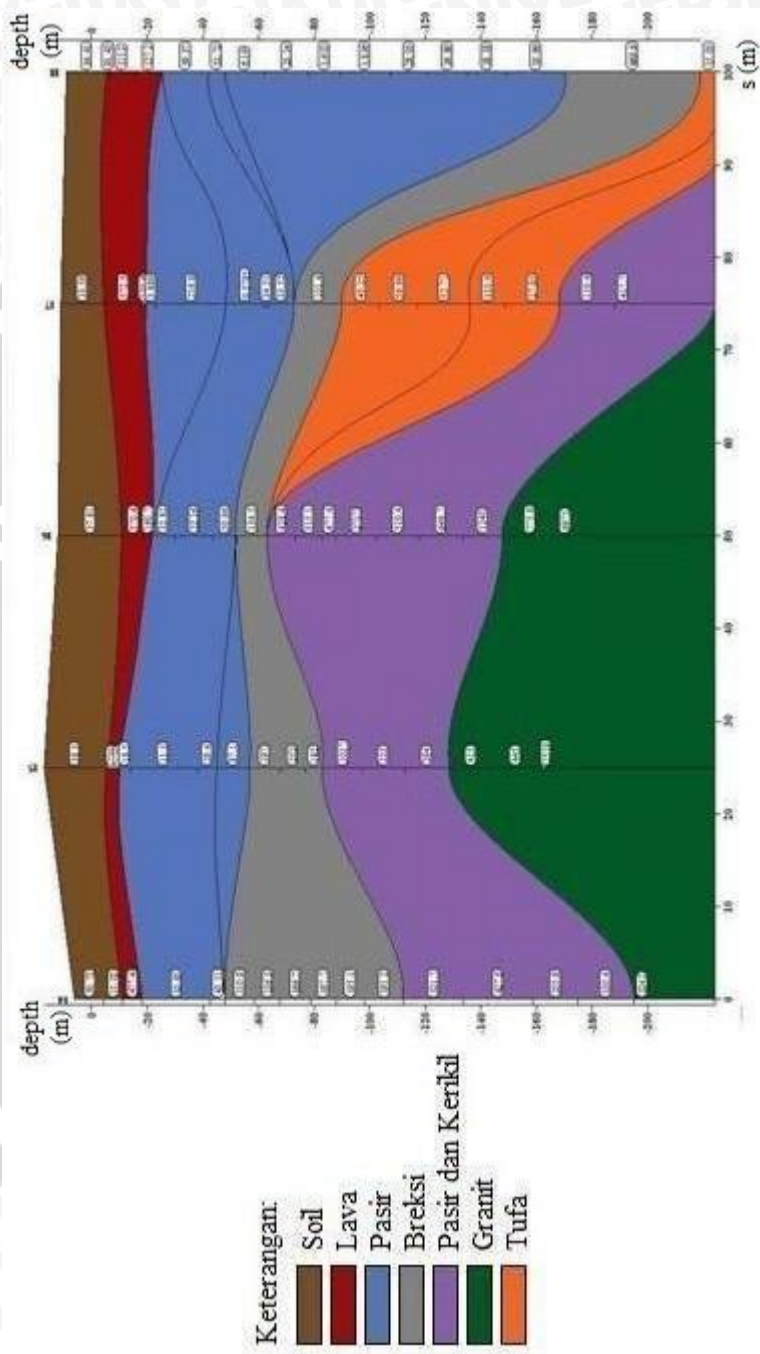
Hasil yang didapatkan dari pengolahan data berupa kurva satu dimensi yang merupakan hubungan antara nilai resistivitas lapisan batuan (ρ) dengan kedalaman duga (m).



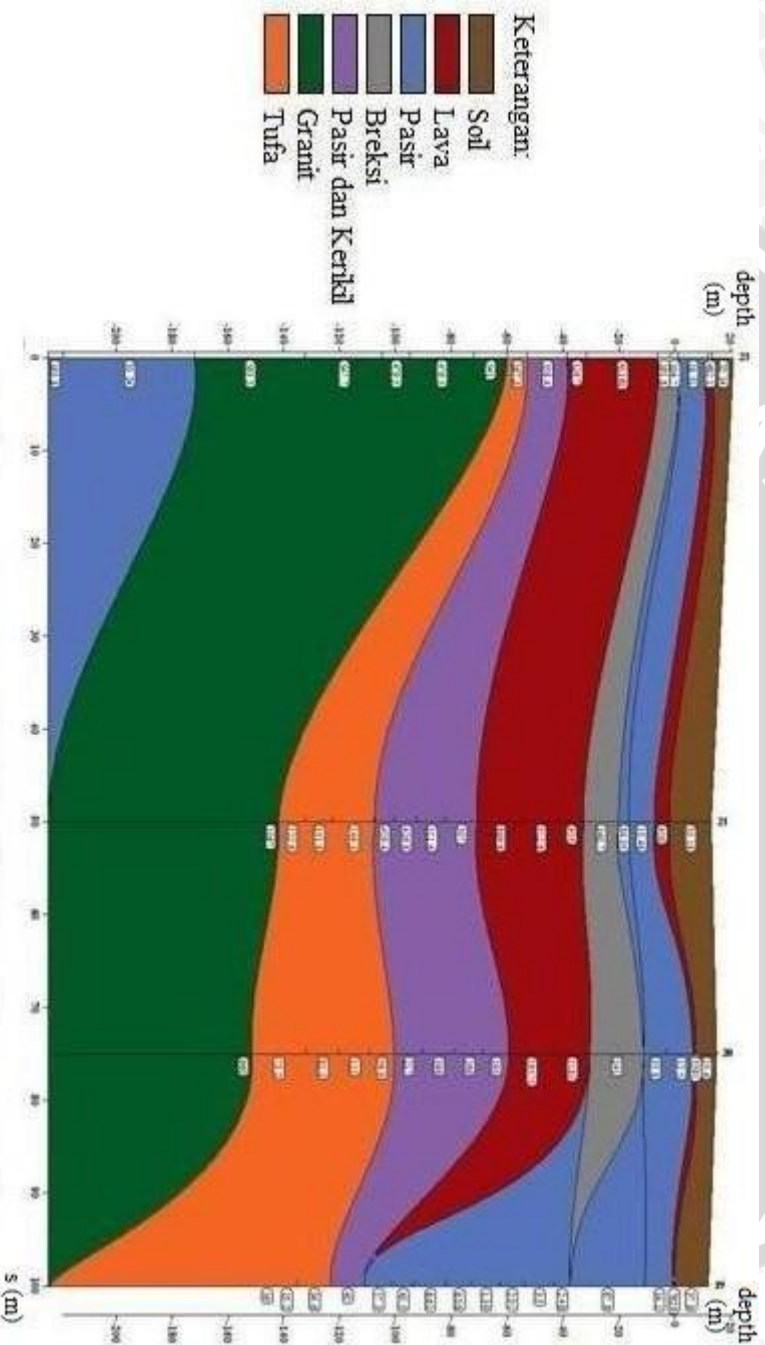
Gambar 4.2. Contoh kurva hasil pengolahan data titik 14

Gambar 4.2 dan seterusnya yang tercantum dalam lampiran 2 menerangkan tentang hasil pengolahan data yang diperoleh pada masing-masing titik penelitian berupa jumlah lapisan batuan yang ditunjukkan oleh gradien garis (garis warna merah), kedalaman lapisan batuan ditunjukkan oleh garis vertikal (garis warna biru), dan nilai resistivitas batuan ditunjukkan oleh garis horisontal (garis warna biru) yang secara keseluruhan ditampilkan dalam bentuk kurva satu dimensi.

Setelah didapatkan hasil pengolahan data berupa kurva satu dimensi pada masing-masing titik penelitian, selanjutnya dilakukan proses korelasi (menghubungkan) data dari masing-masing titik penelitian yang segaris yang telah ditentukan untuk mendapatkan penampang sayatan lapisan batuan.



Gambar 4.3. Penampang 2D hasil korelasi data titik 14 sampai titik 18



Gambar 4.4. Penampang 2D hasil korelasi data titik 19 sampai titik 23

Gambar 4.3 sampai gambar 4.5 menjelaskan tentang gambaran kondisi lapisan batuan dibawah daerah penelitian berupa sayatan lapisan batuan secara vertikal dan horisontal. Warna pada gambar 4.3 sampai gambar 4.5 merupakan gambaran jenis batuan berikut dengan nilai resistivitas dan kedalamannya sesuai dengan skala yang tercantum pada gambar.

Setelah diperoleh hasil data satu dimensi dan dua dimensi, selanjutnya dilakukan interpretasi data untuk mengetahui jenis dan sifat lapisan batuan daerah penelitian secara keseluruhan.

Tabel 4.1. Hasil interpretasi data

Titik	Nilai Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Pendugaan Lapisan Batuan
14	11.02 – 50.72 477.4 10.95 – 43.11 110.9 – 195.1 130.4 – 521.7 2242 – tak teridentifikasi	0 – 17.33 17.33 – 24.17 24.17 – 53.94 53.94 – 118.1 118.1 – 200.9 200.9 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Pasir dan kerikil Granit
15	38.3 149 – 720 11.5 – 87.1 182 – 252 223 – 1017 415 – tak teridentifikasi	0 – 22 22 – 27.1 27.1 – 73.6 73.6 – 99.9 99.9 – 145 145 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Pasir dan kerikil Granit
16	37.81 160.7 – 570.4 22.16 – 50.96 134.5 428.4 – 2717 775.9 – tak teridentifikasi	0 – 22.91 22.91 – 33.56 33.56 – 63.94 63.94 – 75.19 75.19 – 159.8 159.8 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Pasir dan kerikil Granit
17	33.56 139.6 – 572.5 0.5795 – 216.9 101.4 27.95 – 110.4 110.4 – tak teridentifikasi	0 – 15.42 15.42 – 30.56 30.56 – 83.7 83.7 – 101 101 – 179.2 179.2 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Tufa Pasir dan kerikil

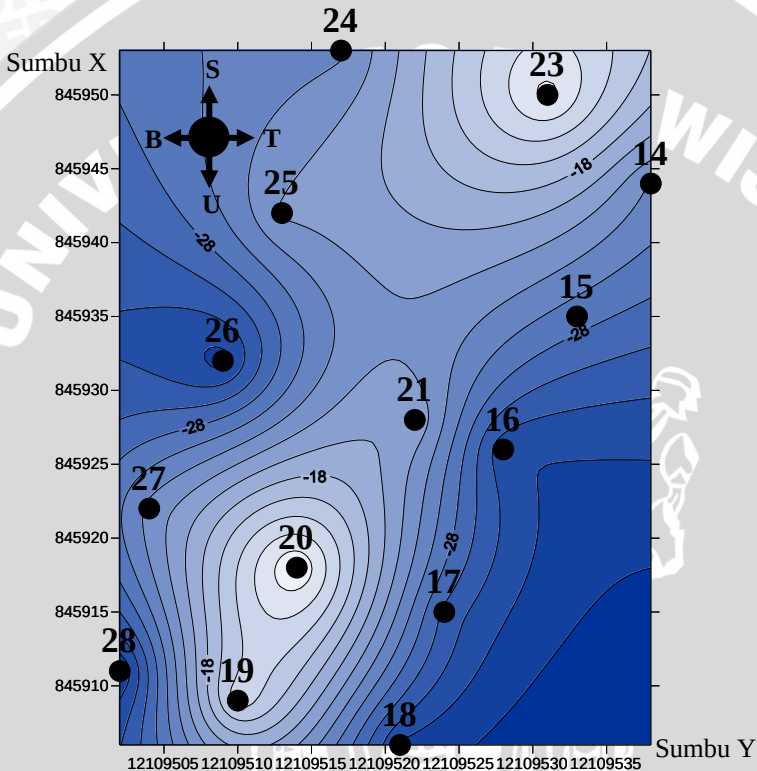
18	34.41 – 91.43 127.2 – 1112 1.602 – 52.72 669.6 15.05 – tak teridentifikasi	0 – 14.69 14.69 – 34.37 34.37 – 179.3 179.3 – 227.8 227.8 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Pasir tufaan
19	37.8 7629 1.39 – 67.8 45 13.2 – tak teridentifikasi	0 – 12.3 12.3 – 12.7 12.7 – 123 123 – 135 135 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Tufa
20	25.6 5591 12.5 – 35.8 241 1183 – 19571 217 – 396 56.9 – 111 660 – tak teridentifikasi	0 – 7.5 7.5 – 7.85 7.85 – 26.1 26.1 – 45.6 45.6 – 74.6 74.6 – 116 116 – 167 167 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Lava Pasir dan kerikil Tufa Granit
21	35.18 459 10.46 – 84.05 340.7 512.6 – 889.6 307 – 511.6 122.6 – 149.3 1067 – tak teridentifikasi	0 – 15.03 15.03 – 20.27 20.27 – 33.33 33.33 – 45.47 45.47 – 83.76 83.76 – 120.6 120.6 – 154.8 154.8 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Lava Pasir dan kerikil Tufa Granit
23	22.14 482.1 18.51 104.7 – 191.8 1267 – 41161 558.4 167.3 476.5 – 563.3 53.24 – tak teridentifikasi	0 – 7.5 7.5 – 9.23 9.23 – 19.82 19.82 – 27.21 27.21 – 59.61 59.61 – 73.73 73.73 – 81.2 81.2 – 192.8 192.8 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Lava Pasir dan kerikil Tufa Granit Pasir
24	37.54 439.9 8.689 153.3 – 638.6	0 – 17.63 17.63 – 24.43 24.43 – 33.82 33.82 – 49.56	Soil Lava Pasir Breksi

	16692 – 28003 646.2 – 748 136.1 – 230.3 1888 – tak teridentifikasi	49.56 – 75.36 75.36 – 105.4 105.4 – 155.5 155.5 – tak teridentifikasi	Granit Pasir dan Kerikil Tufa Granit
25	34.7 422 18.6 155 – 654 1008 258 – 368 110 – 174 1430 – tak teridentifikasi	0 – 14.9 14.9 – 21.7 21.7 – 38.2 38.2 – 75.3 75.3 – 86.3 86.3 – 116 116 – 157 157 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Granit Pasir dan kerikil Tufa Granit
26	32.61 156.2 1.507 855.5 – 2728 0.2294 – 9.898 11.61 – tak teridentifikasi	0 – 13.16 13.16 – 34.91 34.91 – 37.08 37.08 – 53.7 53.7 – 85.45 85.45 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Pasir Tufa
27	32.12 333.6 7.774 – 50.64 2049 30.28 – tak teridentifikasi	0 – 14.36 14.36 – 23.37 23.37 – 64.56 64.56 – 75.48 75.48 – tak teridentifikasi	Soil Lava Pasir Breksi Tufa
28	27.34 81.15 736.3 – 1984 1.393 – 18.61 70.92 – 90.26 5.98 – tak teridentifikasi	0 – 7.764 7.764 – 33.41 33.41 – 36.23 36.23 – 113.6 113.6 – 134.3 134.4 – tak teridentifikasi	Soil Tufa Lava Pasir Breksi Tufa, sisipan pasir tufaan

Tabel 4.1 menerangkan tentang hasil interpretasi yang dilakukan pada masing-masing titik penelitian, yaitu titik 14 sampai titik 28. Penamaan titik disesuaikan dengan penamaan titik penelitian pada GPS tanpa maksud tertentu. Tabel 4.1 menunjukkan nilai resistivitas batuan, kedalaman lapisan batuan, dan jenis lapisan batuan. Dari hasil interpretasi, dimana tampak bahwa lapisan pasir

memiliki nilai resistivitas yang relatif kecil dan diduga sebagai lapisan akuifer.

Selanjutnya, dilakukan pemodelan variasi kedalaman lapisan akuifer secara horisontal untuk mengetahui pola kedalaman akuifer pada daerah penelitian.



Gambar 4.6. Penampang variasi kedalaman akuifer secara horisontal

Gambar 4.6 menjelaskan tentang variasi kedalaman akuifer pada daerah penelitian yang ditunjukkan oleh garis kontur dengan interval tertentu. Jika secara umum garis kontur menunjukkan ketinggian, maka garis kontur pada gambar 4.6 merupakan invers dari ketinggian yang diukur dari titik acuan (titik nol) berupa posisi titik penelitian yang paling rendah dari seluruh titik penelitian yang ada menjadi suatu pengertian lain yaitu kedalaman akuifer pada masing-masing titik penelitian. Posisi titik penelitian ditunjukkan

oleh simbol beserta angka yang tercantum dengan skala koordinat yang ditunjukkan pada sumbu X dan sumbu Y.

4.2. Pembahasan

Nilai yang muncul pada alat resistivitymeter sebagai respon statis lapisan batuan terhadap arus listrik yang diinjeksikan adalah hambatan (R). Setelah dilakukan proses perhitungan terhadap nilai hambatan, akan dihasilkan nilai resistivitas semu dari lapisan batuan sebagai pengaruh beda potensial yang diamati secara tidak langsung.

Pada Nilai resistivitas batuan hasil pengolahan data pada software IPI2win yang ditampilkan dalam bentuk kurva satu dimensi merupakan nilai resistivitas batuan yang sebenarnya.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang tampak pada gambar 4.3 sampai gambar 4.5 dan interpretasi data yang terdapat pada tabel 4.1, lapisan batuan penyusun daerah penelitian dapat diduga menjadi 7 lapisan, yaitu:

1. Soil (Tanah permukaan) berupa lapisan lava dengan nilai resistivitas berkisar antara $11.02 \Omega\text{m}$ sampai $91.43 \Omega\text{m}$ dari permukaan hingga kedalaman 7.5 m sampai 22.91 m.
2. Lava dengan nilai resistivitas berkisar antara $127.2 \Omega\text{m}$ sampai $41161 \Omega\text{m}$ berada pada kedalaman 7.5 m hingga mencapai 34.91 m.
3. Pasir dengan nilai resistivitas berkisar antara $0.5795 \Omega\text{m}$ sampai $216.9 \Omega\text{m}$ berada pada kedalaman 7.85 m hingga mencapai 179.3 m.
4. Breksi dengan nilai resistivitas berkisar antara $45 \Omega\text{m}$ sampai $669.6 \Omega\text{m}$ berada pada kedalaman 19.82 m hingga mencapai 227.8 m.
5. Pasir dan kerikil dengan nilai resistivitas berkisar antara $110.4 \Omega\text{m}$ sampai $2717 \Omega\text{m}$ berada pada kedalaman 59.61 m hingga mencapai kedalaman yang tak teridentifikasi.
6. Tufa dengan nilai resistivitas berkisar antara $11.61 \Omega\text{m}$ sampai $230.3 \Omega\text{m}$ berada pada kedalaman 73.73 m hingga mencapai kedalaman yang tak teridentifikasi.
7. Granit dengan nilai resistivitas berkisar antara $415 \Omega\text{m}$ hingga mencapai nilai yang tak teridentifikasi berada pada kedalaman 81.2 m hingga mencapai kedalaman yang tak teridentifikasi.

Lapisan-lapisan batuan tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda sesuai dengan nilai resistivitas. Lapisan soil mampu menyimpan air, namun hanya bersifat sementara. Air yang tersimpan sementara pada lapisan soil akan meresap ke lapisan di bawahnya dan sebagian akan menguap apabila kondisi cuaca terlampaui panas seperti pada musim kemarau. Dilihat dari nilai resistivitasnya yang relatif besar, lapisan lava bersifat permeabel dan cenderung untuk meloloskan air. Nilai resistivitasnya yang besar disebabkan karena banyaknya rongga antar butir batuan dan persinggungan antar butiran batuan yang relatif kecil (sedikit). Dengan nilai resistivitasnya yang relatif kecil, lapisan pasir cenderung berfungsi sebagai akuifer yang bersifat permeabel dengan butiran yang terpilah sangat baik sehingga ruang antar butirnya sangat berpotensi diisi oleh air. Lapisan breksi lebih cenderung bersifat impermeabel yang berfungsi sebagai lapisan penahan dan pembatas akuifer di atasnya. Lapisan pasir dan kerikil (pasir berkerikil) memiliki sifat yang relatif sama dengan lapisan pasir, namun pada lapisan ini memiliki pilahan butiran yang kurang baik dibandingkan dengan pasir, sehingga nilai resistivitasnya sedikit lebih besar dari nilai resistivitas pasir, namun bersifat porus dan permeabel. Dilihat dari nilai resistivitasnya, lapisan tufa cenderung bersifat semi impermeabel dan dapat berfungsi sebagai lapisan penahan serta pembatas akuifer yang berada di atasnya. Sedangkan lapisan granit lebih cenderung impermeabel karena selain nilai resistivitasnya yang cukup besar, jenis lapisan batuan ini umumnya memiliki porositas yang sangat kecil sehingga air tidak dapat tersimpan di dalamnya ataupun melaluinya.

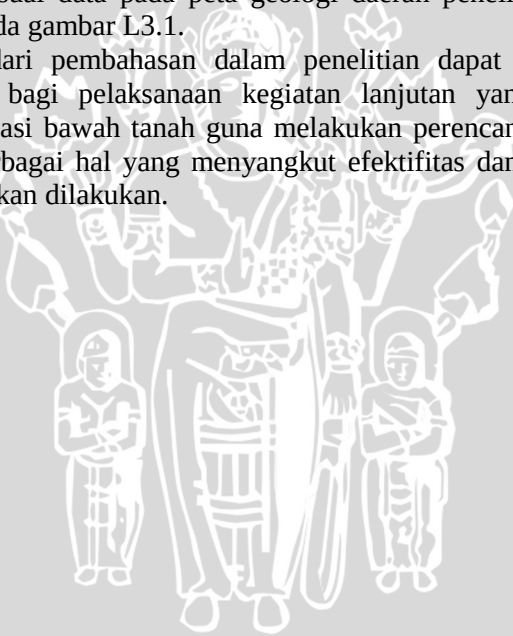
Berdasarkan penampang dua dimensi yang tampak pada gambar 4.3 sampai gambar 4.5 dan gambar 4.6, secara keseluruhan dapat diketahui sebaran akuifer pada daerah penelitian dari selatan (titik 24 dan titik 23) mengarah ke utara menuju lembah dan semakin membesar menuju ke arah titik 18 dimana akuifer berada pada kedalaman yang berkisar antara 7.85 meter sampai 35.98 meter dengan ketebalan yang bervariasi, yaitu antara 2.17 meter sampai 144.93 meter. Lapisan akuifer memiliki pola sebaran yang mengikuti pola topografi serta kondisi keaktifan Gunungapi Ambulombo, karena akuifer tersebut berada pada lereng Gunungapi Ambulombo.

Kondisi yang ada di daerah penelitian yang dapat diketahui melalui pengamatan secara langsung maupun dari data sekunder yang mencakup tentang kondisi geologi dan geomorfologinya sangat erat kaitannya dengan hasil yang diperoleh dari penelitian. Dengan

saling membandingkan antara keduanya, tampak adanya saling kecocokan pada informasi yang diberikan.

Dari hasil yang didapatkan pada penelitian, dapat diketahui bahwa lapisan batuan yang ada pada daerah penelitian berupa batuan vulkanik seperti lava, pasir, breksi, pasir dan kerikil, granit, dan tufa. Berdasarkan media penyusunnya, sistem akuifer pada daerah penelitian termasuk sistem akuifer melalui ruang antar butir dan celah, dimana batuan penyusun sistem akuifer pada daerah penelitian didominasi oleh batuan pasir dan kerikil atau kerakal yang berasal dari hasil material erupsi Gunungapi Ambulombo. Selain itu, akuifer tersebut juga digolongkan kedalam akuifer kaki gunungapi karena selain letaknya berada di lereng Gunungapi Ambulombo, jenis batuan penyusunnya juga sama dengan jenis batuan Gunungapi Ambulombo sesuai data pada peta geologi daerah penelitian yang dapat dilihat pada gambar L3.1.

Hasil dari pembahasan dalam penelitian dapat dijadikan sebagai acuan bagi pelaksanaan kegiatan lanjutan yang terkait dengan eksploitasi bawah tanah guna melakukan perencanaan yang tepat dalam berbagai hal yang menyangkut efektifitas dan efisiensi kegiatan yang akan dilakukan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas, dapat disimpulkan bahwa lapisan batuan penyusun daerah penelitian diduga tersusun atas 7 lapisan yang secara berurutan adalah:

1. Lapisan pertama berupa soil (Tanah permukaan) yang berasal dari pelapukan lapisan lava
2. Lapisan ke dua berupa lava
3. Lapisan ke tiga berupa pasir
4. Lapisan ke empat berupa breksi
5. Lapisan ke lima berupa pasir dan kerikil
6. Lapisan ke enam berupa tufa
7. Lapisan ke tujuh berupa granit

Secara keseluruhan, lapisan-lapisan batuan tersebut tersebar ke arah utara menuju lembah dengan pola sebaran mengikuti pola topografi dan kondisi keaktifan Gunungapi Ambulombo.

Akuifer diduga tersusun atas lapisan pasir dan pasir berkerikil yang bersifat porus dan permeabel hasil dari proses pengendapan material erupsi Gunungapi Ambulombo. Pola sebaran akuifer daerah penelitian adalah menyebar dari selatan (titik 24 dan titik 23) menuju ke utara dan semakin membesar menuju ke arah titik 18 dimana akuifer berada pada kedalaman yang berkisar antara 7.85 meter sampai 35.98 meter dengan ketebalan yang bervariasi, yaitu antara 2.17 meter sampai 144.93 meter

5.2. Saran

Untuk mendapat hasil yang lebih baik, disarankan untuk mengadakan tes sumur bor di beberapa titik guna memperkuat interpretasi data sehingga penggambaran kondisi bawah permukaan tanah daerah penelitian lebih akurat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2001. *Modul Semester Break*. Laboratorium Fisika Bumi. Institut Teknologi Bandung.
- Anonymous. 2008. Laporan Pendahuluan Pengukuran Geolistrik dan Studi Mata Air di Rendu Kabupaten Ngada. PT. Indra Karya, kupang.
- Blaricom, Richard Van. 1988. *Practical Geophysics for The Exploration Geologist*. Northwest Mining Association. USA
- Bobachev, A.A., 2002, *Fitting Curve Automatic Inversion of Vertical Electrical Sounding*, Moscow State University, Rusia.
- Bobachev, A.A., 2002, *Fitting Curve Automatic Inversion of Vertical Electrical Sounding*, Moscow State University, Rusia.
- Bowles, Joseph E., 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tana (Mekanika Tanah)*, Penerjemah: johan K. H. Erlangga, Jakarta.
- Dobrin, Milton B., 1998. *Introduction to Geophysical Prospecting*, edisi ke-4. Mc Graw Hill Book, Co.Singapore.
- Robinson, Coruh. 1988, *Basics Exploration Geophysics*, John Willey And Son Inc., Canada.
- Santoso, Djoko. 2002. Pengantar Teknik Geofisika. ITB, Bandung.
- Seyhan, Ersin. 1990. Dasar-Dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soemarto. 1995. *Hidrologi Untuk teknik*. Erlangga. Jakarta.
- Soemartono, CD., 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Sosrodarsono, Suyono. 1983. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT. Pradya Paramita. Edisi ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Telford, Geldart and Sheriff. 1976, *Applied Geophysics*, 2nd edition, Cambridge University Press, New York.
- Todd, D.K., 1980, *Ground Water Hidrology*. John Wiley & Sons, 2nd edition, New York.
- Uchron, Affan. 2006, *Studi Efektifitas Hutan Kota Malabar Sebagai Daerah Resapan Air Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistifitas*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Verhoef, P.N.W., 1989. *Geologi untuk Tenik Sipil*. Erlangga. Jakarta.
- Vingoe, P., 1972, *Electrical Resistivity Surveying*. Geophysical Memorandum.

Waluyo. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi geofisika (Teori & Aplikasi). Metode Resistivitas.* Laboratorium Geofisika, fakultas MIPA, UGM. Jogjakarta.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN 1 DATA HASIL AKUISISI

Tabel L1.1. Data hasil akuisisi di titik 14

Lokasi : Nagesapadhi (14) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1639 ft
 S 845.944
 E 12109.538

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,680	1,39944	2,058	62,8	42,704
25	10	0,198	0,407484	2,058	188,4	37,3032
35	10	0,098	0,201684	2,058	376,8	36,9264
45	10	0,050	0,1029	2,058	628	31,4
55	10	0,060	0,12348	2,058	942	56,52
65	10	0,041	0,084378	2,058	1318,8	54,0708
75	10	0,031	0,063798	2,058	1758,4	54,5104
85	10	0,030	0,06174	2,058	2260,8	67,824
95	10	0,031	0,063798	2,058	2826	87,606
105	10	0,015	0,03087	2,058	3454	51,81
120	10	0,004	0,008232	2,058	4513,75	18,055
140	10	0,010	0,02058	2,058	6146,55	61,4655
160	10	0,009	0,018522	2,058	8030,55	72,27495
180	10	0,004	0,008232	2,058	10165,75	40,663
200	10	0009	0,018522	2,058	12552,15	112,96935

Tabel L1.2. Data hasil akuisisi di titik 15

Lokasi : Nagesapadhi (15) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1677 ft
 S 845.935
 E 12109.533

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,653	1,343874	2,058	62,8	41,0084
25	10	0,222	0,456876	2,058	188,4	41,8248
35	10	0,129	0,265482	2,058	376,8	48,6072
45	10	0,100	0,2058	2,058	628	62,8
55	10	0,065	0,13377	2,058	942	61,23
65	10	0,059	0,121422	2,058	1318,8	77,8092
75	10	0,037	0,076146	2,058	1758,4	65,0608
85	10	0,035	0,07203	2,058	2260,8	79,128
95	10	0,030	0,06174	2,058	2826	84,78
100	10	0,017	0,034986	2,058	3132,15	53,24655
115	10	0,013	0,026754	2,058	4144,8	53,8824
130	10	0,006	0,012348	2,058	5298,75	31,7925
145	10	0,013	0,026754	2,058	6594	85,722
160	10	0,014	0,028812	2,058	8030,55	112,4277
180	10	0,005	0,01029	2,058	10165,75	50,82875
200	10	0,013	0,026754	2,058	12552,15	163,17795

Tabel L1.3. Data hasil akuisisi di titik 16

Lokasi : Nagesapadhi (16) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1660 ft
 S 845.926
 E 12109.528

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,634	1,304772	2,058	62,8	39,8152
25	10	0,235	0,48363	2,058	188,4	44,274
35	10	0,135	0,27783	2,058	376,8	50,868
45	10	0,102	0,209916	2,058	628	64,056
55	10	0,041	0,084378	2,058	942	38,622
65	10	0,060	0,12348	2,058	1318,8	79,128
75	10	0,041	0,084378	2,058	1758,4	72,0944
85	10	0,041	0,084378	2,058	2260,8	92,6928
95	10	0,031	0,063798	2,058	2826	87,606
100	10	0,098	0,201684	2,058	3132,15	306,9507
115	10	0,016	0,032928	2,058	4144,8	66,3168
130	10	0,005	0,01029	2,058	5298,75	26,49375
145	10	0,015	0,03087	2,058	6594	98,91
160	10	0,017	0,034986	2,058	8030,55	136,51935
180	10	0,006	0,012348	2,058	10165,75	60,9945
200	10	0,015	0,04587	3,058	12552,15	188,28225

Tabel L1.4. Data hasil akuisisi di titik 17

Lokasi : Nagesapadhi (17) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1655 ft
 S 845.915
 E 12109.524

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,621	1,278018	2,058	62,8	38,9988
25	10	0,265	0,54537	2,058	188,4	49,926
35	10	0,167	0,343686	2,058	376,8	62,9256
45	10	0,117	0,240786	2,058	628	73,476
55	10	0,087	0,179046	2,058	942	81,954
65	10	0,065	0,13377	2,058	1318,8	85,722
75	10	0,056	0,115248	2,058	1758,4	98,4704
85	10	0,047	0,096726	2,058	2260,8	106,2576
100	10	0,031	0,063798	2,058	3132,15	97,09665
115	10	0,022	0,045276	2,058	4144,8	91,1856
130	10	0,019	0,039102	2,058	5298,75	100,67625
145	10	0,012	0,024696	2,058	6594	79,128
160	10	0,011	0,022638	2,058	8030,55	88,33605
180	10	0,008	0,016464	2,058	10165,75	81,326

Tabel L1.5. Data hasil akuisisi di titik 18

Lokasi : Nagesapadhi (18) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1650 ft
 S 845.906
 E 12109.521

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,655	1,34799	2,058	62,8	41,134
25	10	0,285	0,58653	2,058	188,4	53,694
35	10	0,181	0,372498	2,058	376,8	68,2008
45	10	0,120	0,24696	2,058	628	75,36
55	10	0,098	0,201684	2,058	942	92,316
65	10	0,070	0,14406	2,058	1318,8	92,316
75	10	0,065	0,13377	2,058	1758,4	114,296
85	10	0,050	0,1029	2,058	2260,8	113,04
100	10	0,041	0,084378	2,058	3132,15	128,41815
115	10	0,025	0,05145	2,058	4144,8	103,62
130	10	0,023	0,047334	2,058	5298,75	121,87125
145	10	0,018	0,037044	2,058	6594	118,692
160	10	0,015	0,03087	2,058	8030,55	120,45825
180	10	0,006	0,012348	2,058	10165,75	60,9945

Tabel L1.6. Data hasil akuisisi di titik 19

Lokasi : Nagesapadhi (19) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1659 ft
 S 845.909
 E 12109.510

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,688	1,415904	2,058	62,8	43,2064
25	10	0,322	0,662676	2,058	188,4	60,6648
35	10	0,188	0,386904	2,058	376,8	70,8384
45	10	0,127	0,261366	2,058	628	79,756
55	10	0,080	0,16464	2,058	942	75,36
65	10	0,066	0,135828	2,058	1318,8	87,0408
75	10	0,045	0,09261	2,058	1758,4	79,128
85	10	0,026	0,053508	2,058	2260,8	58,7808
95	10	0,018	0,037044	2,058	2826	50,868
105	10	0,016	0,032928	2,058	3454	55,264
115	10	0,012	0,024696	2,058	4144,8	49,7376
125	10	0,004	0,008232	2,058	4898,4	19,5936
135	10	0,009	0,018522	2,058	5714,8	51,4332
145	10	0,006	0,012348	2,058	6594	39,564
155	10	0,002	0,004116	2,058	7536	15,072

Tabel L1.7. Data hasil akuisisi di titik 20

Lokasi : Nagesapadhi (20) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1669 ft
 S 845.918
 E 12109.514

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,650	1,3377	2,058	62,8	40,82
25	10	0,310	0,63798	2,058	188,4	58,404
35	10	0,166	0,341628	2,058	376,8	62,5488
45	10	0,120	0,24696	2,058	628	75,36
55	10	0,081	0,166698	2,058	942	76,302
65	10	0,051	0,104958	2,058	1318,8	67,2588
75	10	0,046	0,094668	2,058	1758,4	80,8864
85	10	0,027	0,055566	2,058	2260,8	61,0416
95	10	0,020	0,04116	2,058	2826	56,52
105	10	0,024	0,049392	2,058	3454	82,896
115	10	0,011	0,022638	2,058	4144,8	45,5928
125	10	0,018	0,037044	2,058	4898,4	88,1712
135	10	0,030	0,06174	2,058	5714,8	171,444
145	10	0,019	0,039102	2,058	6594	125,286
155	10	0,015	0,03087	2,058	7536	113,04

Tabel L1.8. Data hasil akuisisi di titik 21

Lokasi : Nagesapadhi (21) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1663 ft
 S 845.928
 E 12109.522

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,638	1,313004	2,058	62,8	40,0664
25	10	0,244	0,502152	2,058	188,4	45,9696
35	10	0,150	0,3087	2,058	376,8	56,52
45	10	0,112	0,230496	2,058	628	70,336
55	10	0,082	0,168756	2,058	942	77,244
65	10	0,042	0,086436	2,058	1318,8	55,3896
75	10	0,049	0,100842	2,058	1758,4	86,1616
85	10	0,029	0,059682	2,058	2260,8	65,5632
95	10	0,023	0,047334	2,058	2826	64,998
105	10	0,022	0,045276	2,058	3454	75,988
115	10	0,007	0,014406	2,058	4144,8	29,0136
125	10	0,017	0,034986	2,058	4898,4	83,2728
135	10	0,034	0,069972	2,058	5714,8	194,3032
145	10	0,017	0,034986	2,058	6594	112,098
155	10	0,014	0,028812	2,058	7536	105,504

Tabel L1.9. Data hasil akuisisi di titik 23

Lokasi : Nagesapadhi (23) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1689 ft
 S 845.950
 E 12109.531

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,548	1,127784	2,058	62,8	34,4144
25	10	0,234	0,481572	2,058	188,4	44,0856
35	10	0,138	0,284004	2,058	376,8	51,9984
45	10	0,089	0,183162	2,058	628	55,892
55	10	0,062	0,127596	2,058	942	58,404
65	10	0,042	0,086436	2,058	1318,8	55,3896
75	10	0,042	0,086436	2,058	1758,4	73,8528
85	10	0,042	0,086436	2,058	2260,8	94,9536
95	10	0,035	0,07203	2,058	2826	98,91
105	10	0,034	0,069972	2,058	3454	117,436
115	10	0,045	0,09261	2,058	4144,8	186,516
125	10	0,031	0,063798	2,058	4898,4	151,8504
135	10	0,013	0,026754	2,058	5714,8	74,2924
145	10	0,025	0,05145	2,058	6594	164,85
155	10	0,024	0,049392	2,058	7536	180,864

Tabel L1.10. Data hasil akuisisi di titik 24

Lokasi : Nagesapadhi (24) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1667 ft
 S 845.953
 E 12109.517

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,650	1,3377	2,058	62,8	40,82
25	10	0,236	0,485688	2,058	188,4	44,4624
35	10	0,210	0,43218	2,058	376,8	79,128
45	10	0,100	0,2058	2,058	628	62,8
55	10	0,070	0,14406	2,058	942	65,94
65	10	0,048	0,098784	2,058	1318,8	63,3024
75	10	0,098	0,201684	2,058	1758,4	172,3232
85	10	0,078	0,160524	2,058	2260,8	176,3424
95	10	0,035	0,07203	2,058	2826	98,91
105	10	0,020	0,04116	2,058	3454	69,08
115	10	0,035	0,07203	2,058	4144,8	145,068
125	10	0,022	0,045276	2,058	4898,4	107,7648
135	10	0,021	0,043218	2,058	5714,8	120,0108
145	10	0,022	0,045276	2,058	6594	145,068
155	10	0,068	0,139944	2,058	7536	512,448

Tabel L1.11. Data hasil akuisisi di titik 25

Lokasi : Nagesapadhi (25) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1662 ft
 S 845.942
 E 12109.513

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,643	1,323294	2,058	62,8	40,3804
25	10	0,249	0,512442	2,058	188,4	46,9116
35	10	0,217	0,446586	2,058	376,8	81,7656
45	10	0,109	0,224322	2,058	628	68,452
55	10	0,072	0,148176	2,058	942	67,824
65	10	0,050	0,1029	2,058	1318,8	65,94
75	10	0,091	0,187278	2,058	1758,4	160,0144
85	10	0,070	0,14406	2,058	2260,8	158,256
95	10	0,028	0,057624	2,058	2826	79,128
105	10	0,017	0,034986	2,058	3454	58,718
115	10	0,027	0,055566	2,058	4144,8	111,9096
125	10	0,017	0,034986	2,058	4898,4	83,2728
135	10	0,016	0,032928	2,058	5714,8	91,4368
145	10	0,017	0,034986	2,058	6594	112,098
155	10	0,057	0,117306	2,058	7536	429,552

Tabel L1.12. Data hasil akuisisi di titik 26

Lokasi : Nagesapadhi (26) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1670 ft
 S 845.932
 E 12109.509

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,611	1,257438	2,058	62,8	38,3708
25	10	0,246	0,506268	2,058	188,4	46,3464
35	10	0,180	0,37044	2,058	376,8	67,824
45	10	0,103	0,211974	2,058	628	64,684
55	10	0,068	0,139944	2,058	942	64,056
65	10	0,041	0,084378	2,058	1318,8	54,0708
75	10	0,050	0,1029	2,058	1758,4	87,92
85	10	0,045	0,09261	2,058	2260,8	101,736
95	10	0,022	0,045276	2,058	2826	62,172
105	10	0,021	0,043218	2,058	3454	72,534
115	10	0,020	0,04116	2,058	4144,8	82,896
125	10	0,013	0,026754	2,058	4898,4	63,6792
135	10	0,009	0,018522	2,058	5714,8	51,4332
145	10	0,005	0,01029	2,058	6594	32,97
155	10	0,011	0,022638	2,058	7536	82,896

Tabel L1.13. Data hasil akuisisi di titik 27

Lokasi : Nagesapadhi (27) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1658 ft
 S 845.922
 E 12109.504

AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,589	1,212162	2,058	62,8	36,9892
25	10	0,241	0,495978	2,058	188,4	45,4044
35	10	0,140	0,28812	2,058	376,8	52,752
45	10	0,093	0,191394	2,058	628	58,404
55	10	0,064	0,131712	2,058	942	60,288
65	10	0,039	0,080262	2,058	1318,8	51,4332
75	10	0,043	0,088494	2,058	1758,4	75,6112
85	10	0,031	0,063798	2,058	2260,8	70,0848
95	10	0,019	0,039102	2,058	2826	53,694
105	10	0,024	0,049392	2,058	3454	82,896
115	10	0,011	0,022638	2,058	4144,8	45,5928
125	10	0,010	0,02058	2,058	4898,4	48,984
135	10	0,005	0,01029	2,058	5714,8	28,574
145	10	0,001	0,002058	2,058	6594	6,594
155	10	0,006	0,012348	2,058	7536	45,216

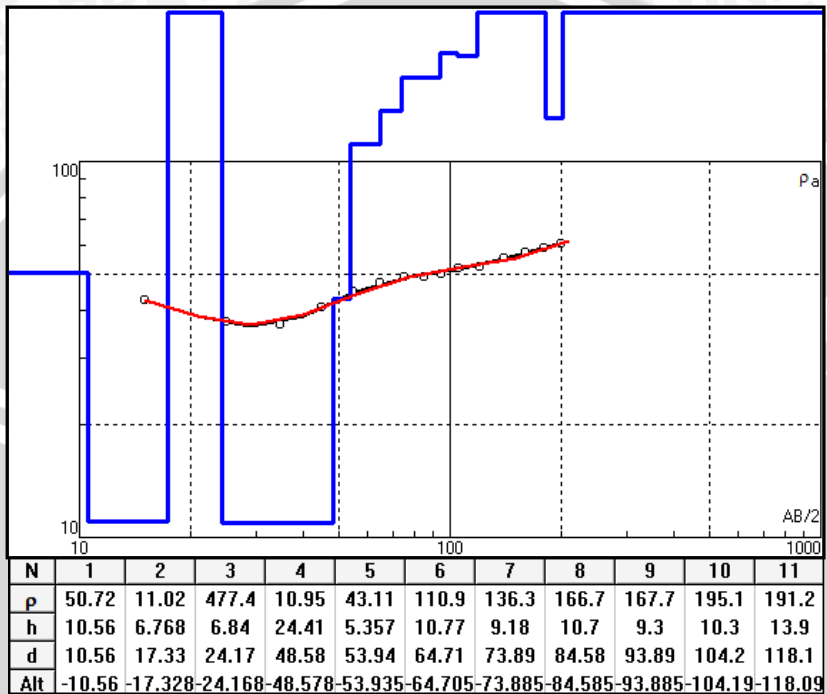
Tabel L1.14. Data hasil akuisisi di titik 28

Lokasi : Nagesapadhi (28) Tanggal : 05-08-2008
 Konfigurasi : Schlumberger Konsultan : PT INDRA KARYA
 Koordinat : Alt 1622 ft
 S 845.911
 E 12109.502

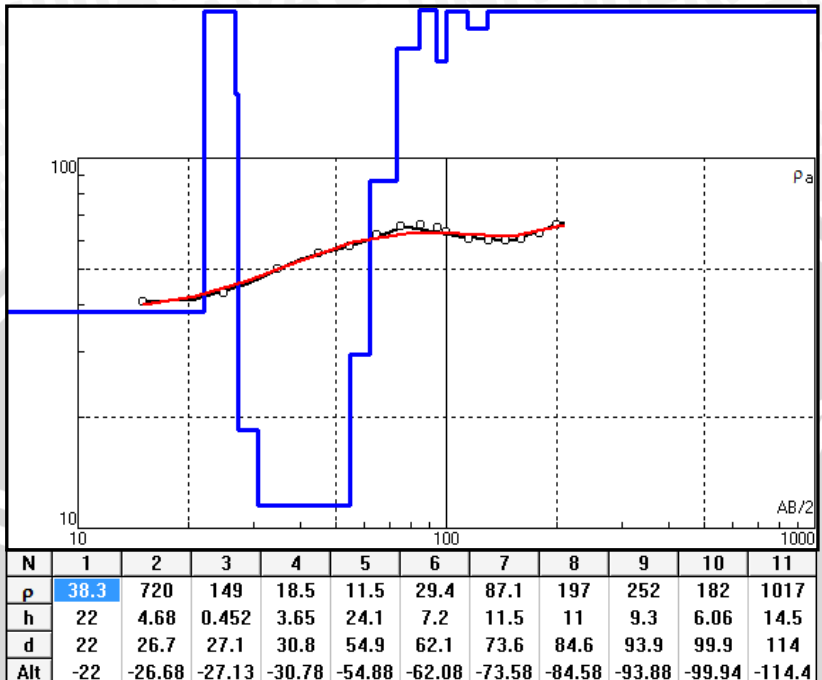
AB/2 (m)	MN (m)	R (Ohm)	V (mVolt)	I (mA)	K	ρ (Ω m)
15	10	0,610	1,25538	2,058	62,8	38,308
25	10	0,258	0,530964	2,058	188,4	48,6072
35	10	0,158	0,325164	2,058	376,8	59,5344
45	10	0,110	0,22638	2,058	628	69,08
55	10	0,070	0,14406	2,058	942	65,94
65	10	0,041	0,084378	2,058	1318,8	54,0708
75	10	0,045	0,09261	2,058	1758,4	79,128
85	10	0,032	0,065856	2,058	2260,8	72,3456
95	10	0,022	0,045276	2,058	2826	62,172
105	10	0,026	0,053508	2,058	3454	89,804
115	10	0,037	0,076146	2,058	4144,8	153,3576
125	10	0,015	0,03087	2,058	4898,4	73,476
135	10	0,010	0,02058	2,058	5714,8	57,148
145	10	0,002	0,004116	2,058	6594	13,188
155	10	0,003	0,006174	2,058	7536	22,608

LAMPIRAN 2

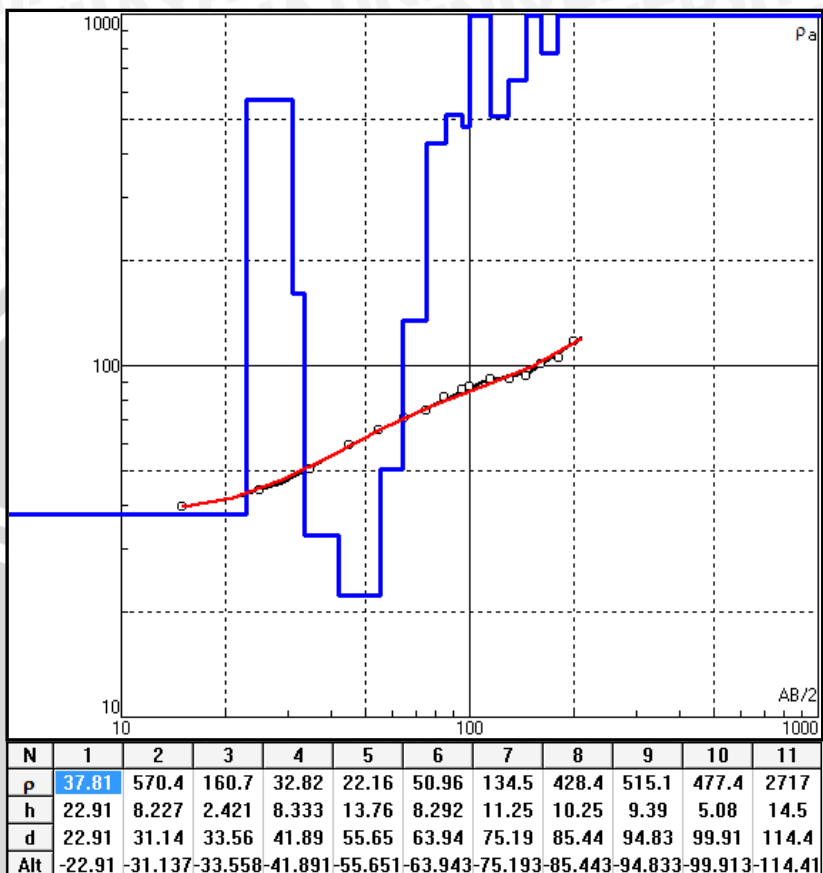
KURVA HASIL PENGOLAHAN DATA



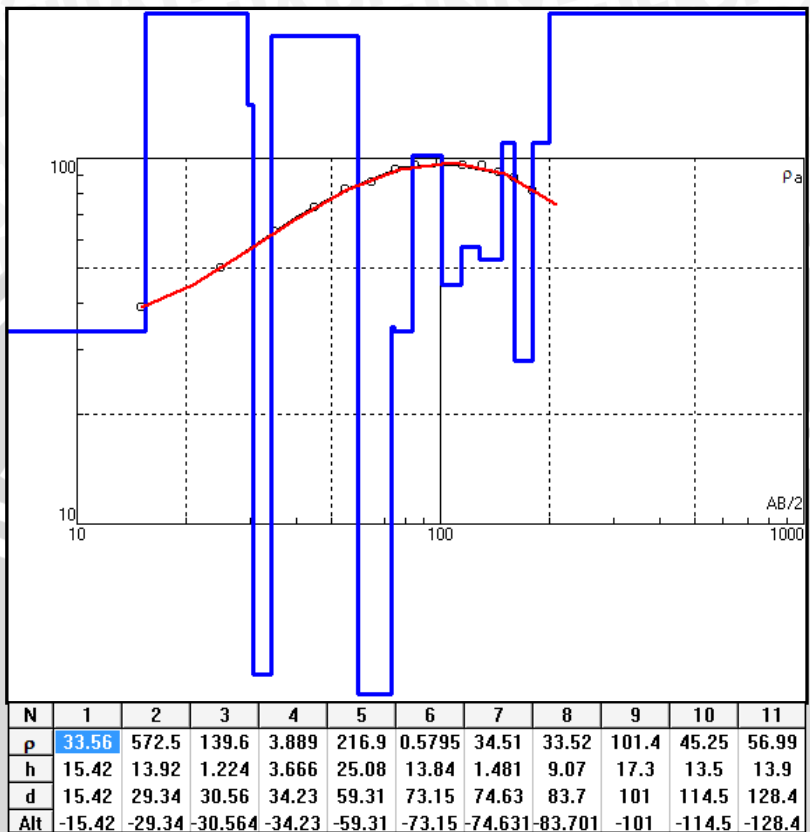
Gambar L2.1. Kurva hasil pengolahan data titik 14



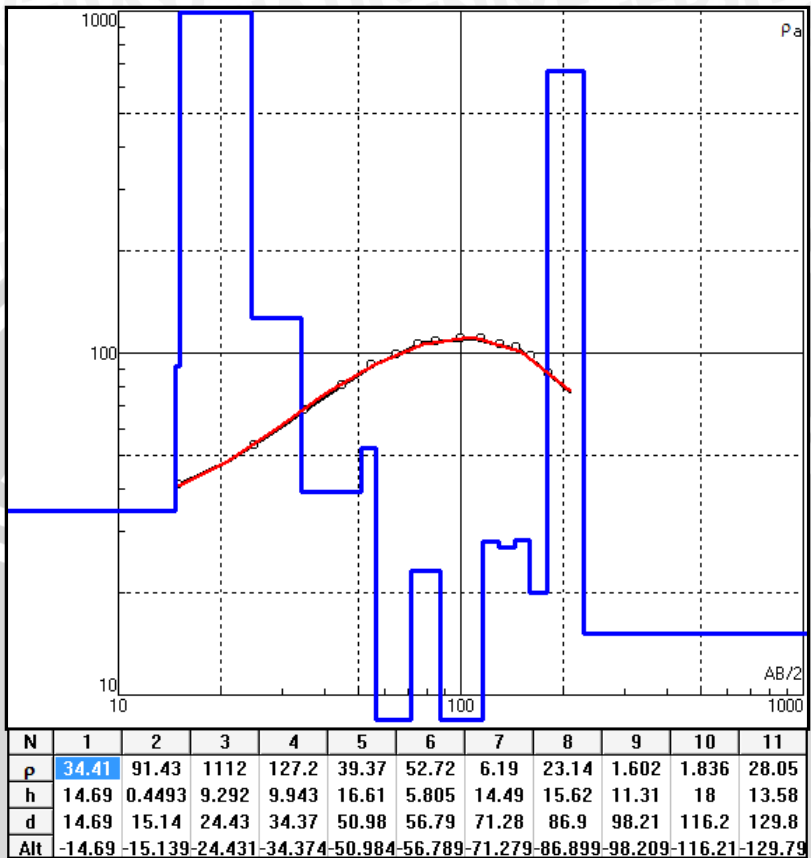
Gambar L2.2. Kurva hasil pengolahan data titik 15



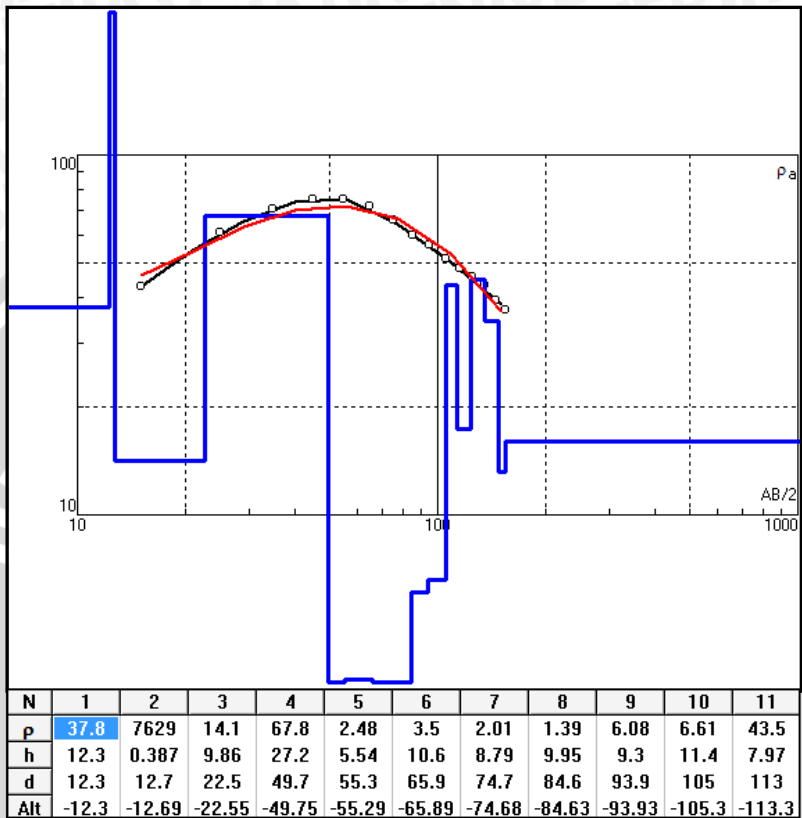
Gambar L2.3. Kurva hasil pengolahan data titik 16



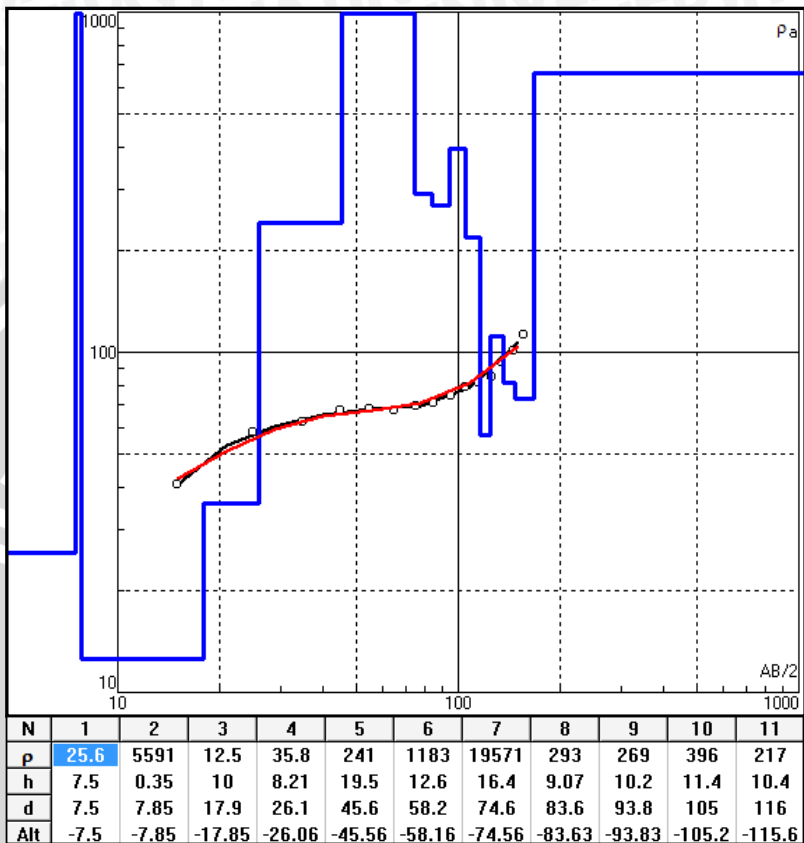
Gambar L2.4. Kurva hasil pengolahan data titik 17



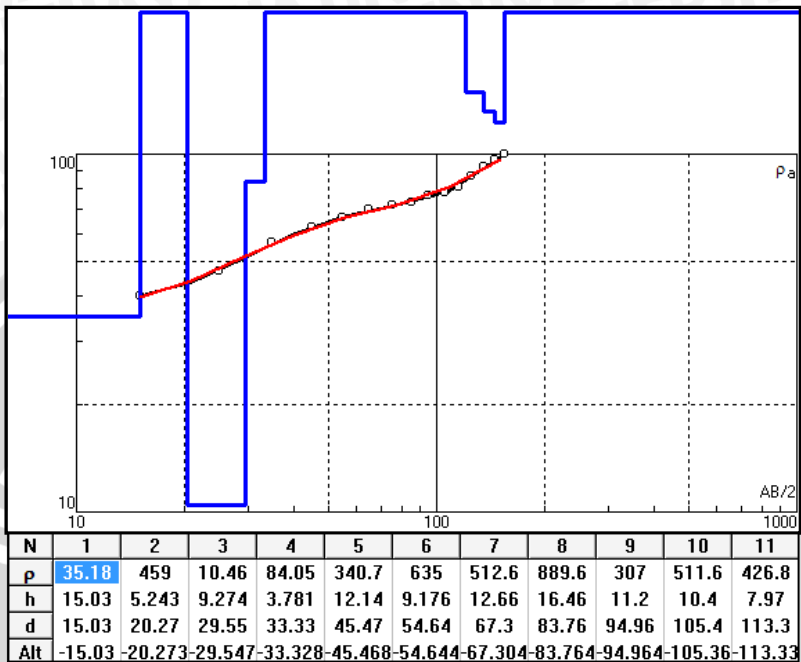
Gambar L2.5. Kurva hasil pengolahan data titik 18



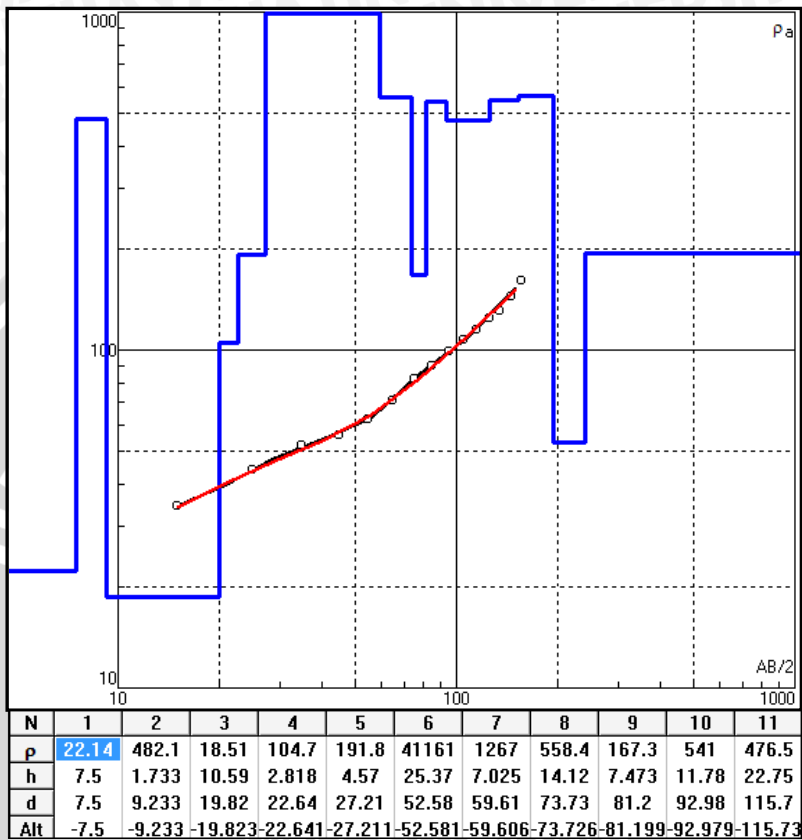
Gambar L2.6. Kurva hasil pengolahan data titik 19



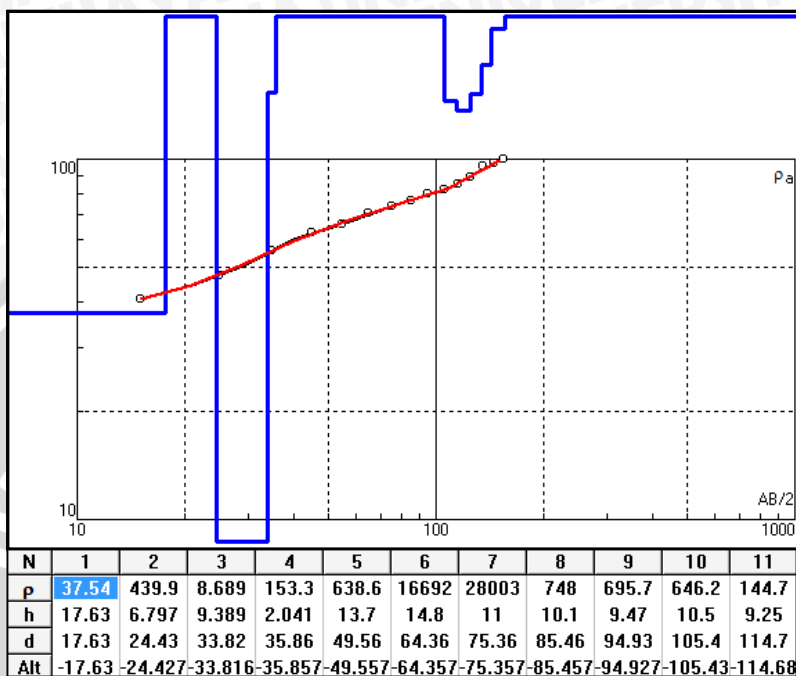
Gambar L2.7. Kurva hasil pengolahan data titik 20



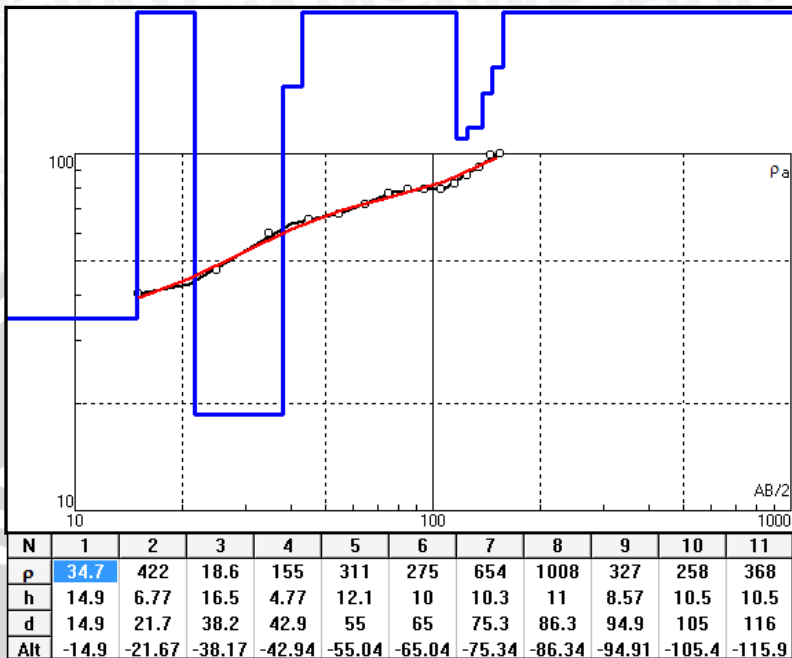
Gambar L2.8. Kurva hasil pengolahan data titik 21



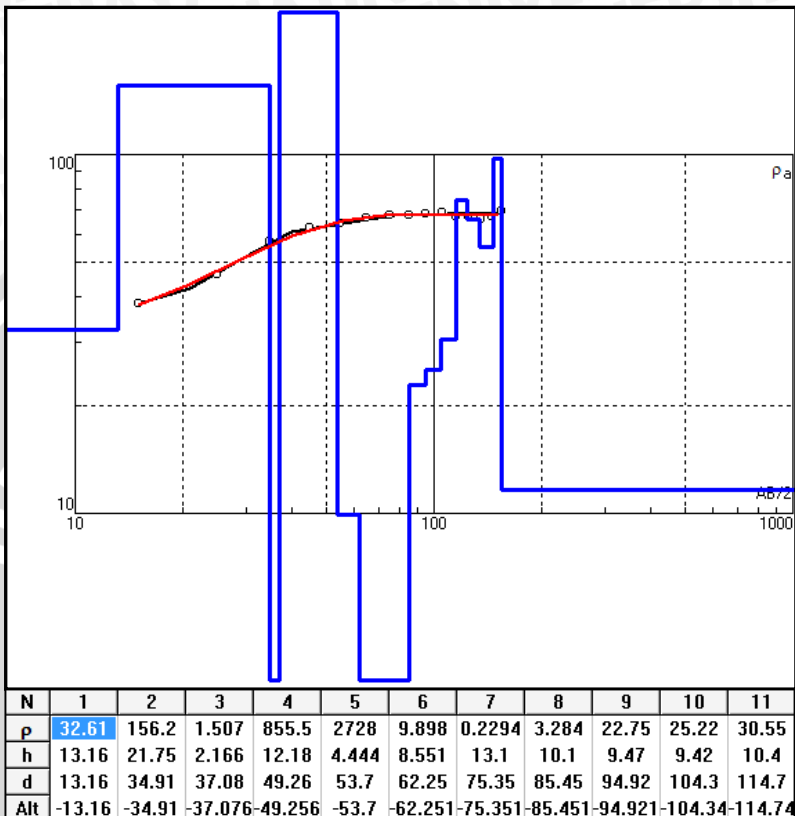
Gambar L2.9. Kurva hasil pengolahan data titik 23



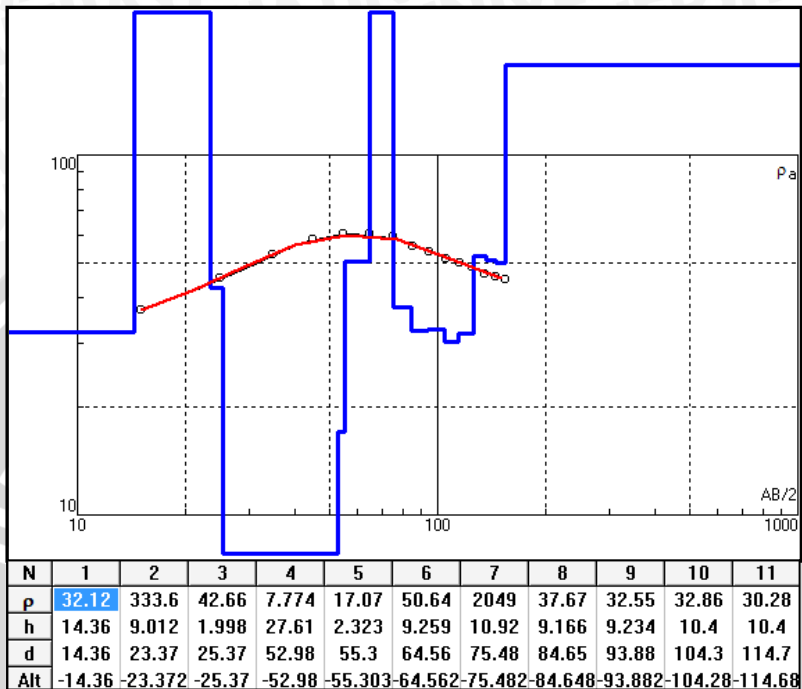
Gambar L2.10. Kurva hasil pengolahan data titik 24



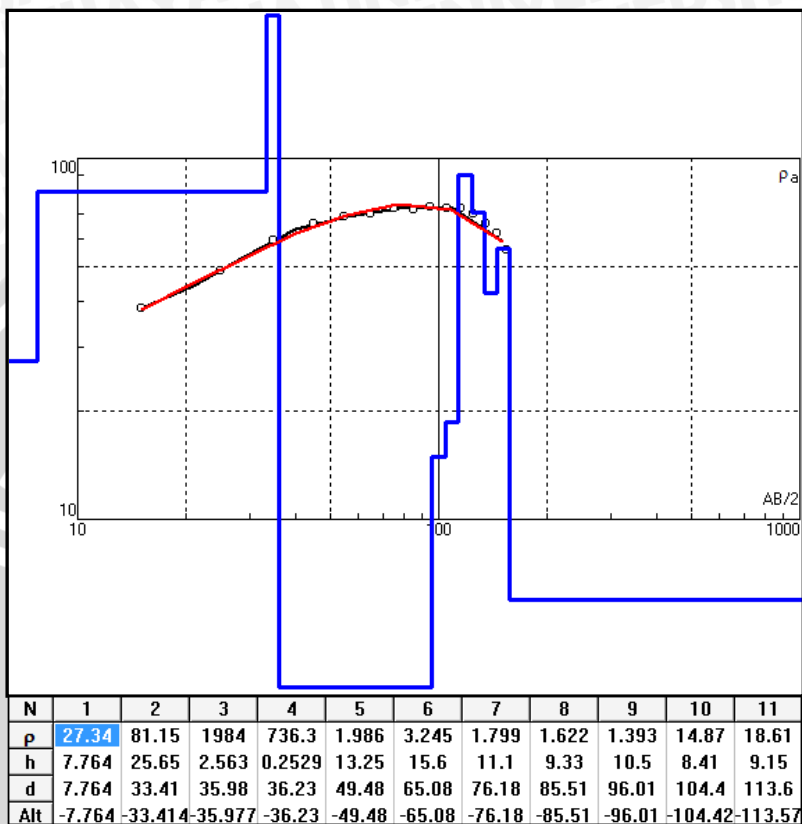
Gambar L2.11. Kurva hasil pengolahan data titik 25



Gambar L2.12. Kurva hasil pengolahan data titik 26



Gambar L2.13. Kurva hasil pengolahan data titik 27



Gambar L2.14. Kurva hasil pengolahan data titik 28

NANGAPANDA FORMATION: Sandstone and limestone, locally lenses and intercalations of marl and breccia intercalations. Sandstone, fine- to coarse-grained, conglimeratic with clasts of rounded and basalt, 0.5 to 2 m in diameter, subangular to rounded, cemented by sandstone. Limestone, light gray, crystalline with calcareous sandstone. Lenses of marl and breccia, alternating with white; distinct bedding, dip between 25° and 38°, strikes commonly to west-southwest to east-northeast. The fossils follows are common in the calcareous sandstone: *Præacanthina* sp., *Orthis*, *Globoquadrina*, *Cheloniceras*, *Strophomena*, *Strophomena* sp., (Kolar, 1976, 1977, PT. Shell, 1976, written communication) indicating Middle Miocene (with neritic depositional environment). The calcareous limestone is estimated about 2000 m. It is presumed to interfinger with the Kolar Formation. The Nangapanda Formation overlies unconformably by the Walsukung Formation (Timpes) and the Laka Formation (Timpes). The type locality is in Nangapanda Village, some 30 km west of Tindin town (Sawara).

Disusun Oleh (Compiled By) :

SOETRISNO S.

3-0000



11

4. KOMBOSHI ETOLOCHI BATHAM DAN M

© 2005 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 258: 105–112

 Lapine oak wedge, 2nd mixing interval
 Unbleached and acetic, isolated strains

- | | | |
|---|--|-----|
| A | Arbeiten, das endgültig passiert, werden das heißt, passiv, das bezeugt. Kehrphrasen sind immer passiv. | Yes |
| E | Attended and disattended, combinations of guard, rest, sleep and sleep. Moderate to high possibility. | Yes |
| Q | Unstable control, capacity, stress, moderate likelihood that person, being in control, is not in control. Kehrphrasen sind immer passiv. | Yes |
| Q | Unstable control, stress, capacity to study, normal, low to possibly moderate likelihood to high possibility. | Yes |
| Q | Bezeugen, hoch, sehr, stabil, hoch, Kehrphrasen sind immer passiv. | Yes |
| Q | Control, moderate, stress, subjective. Moderate possibility. | Yes |
| Q | Haut, geringste, nicht, werden das heißt, aktiv, aggressive, nicht das passiv, geringe, Kehrphrasen sind immer passiv. | Yes |
| Q | Young, moderate, stress, capacity to study, low, being aggressive, not and not. Moderate to high possibility. | Yes |
| Q | Talk, patient, handling, being, danger, risk, being, Kehrphrasen sind immer passiv. | Yes |
| Q | Stable, low with indications of previous, low to high. Moderate to high possibility. | Yes |
| Q | Haut, geringste, nicht, werden das heißt, aktiv, aggressive, nicht das passiv, geringe, Kehrphrasen sind immer passiv. | Yes |
| Q | Old, stable, patient, containing, low to high, aggressive, not and not. Low possibility. | Yes |

2.1. ARIFER DUNGAN ALI DAN HELALI
2.2. ARIFER DUNGAN

GRANULAR Dorsal part, lying beneath gonopod (Coarct, lower flank of sternite-10)	FUSURES AND INTERFUSURES (Strong gonopod) (Slope of sternite-10)
--	--

- [illegible]

High doses oxidation stress

- [illegible]

- Batang berbulu halus, berbulu kasar sampai kasar, putih. Kelopakannya kecil.
 Guna makanan, first to second year, compact. Low persistency.
 Daun dari bawah, kompak. Kelopakannya kecil.
 Daun dan strobilus, compact. Low persistency.
 Batang berbulu berbulu kasar sampai kasar (granulose), garis, di
 atas merah, kompak. Umpunya kelopakannya kecil.
 Acid to intermediate aromatic taste (granulose), green, quite
 aromatic, compact. Generally low persistency.

LAMPIRAN 4 DOKUMENTASI PENELITIAN



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar L4. Foto kegiatan akuisisi data (a) dan contoh titik akuisisi (b, c, d)

LAMPIRAN 5 PERALATAN PENELITIAN



Gambar L5. Alat resistivitymeter