

**IDENTIFIKASI LAPISAN AKUIFER UNTUK PEMBUATAN
SUMUR BOR BERDASARKAN INTERPRETASI
GEOLISTRIK DAN LOGGING DI DUSUN GENTING
DESA MERJOSARI MALANG**

TUGAS AKHIR

oleh:

**ROSA ISNA ROSANA
0310930050-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI LAPISAN AKUIFER UNTUK PEMBUATAN
SUMUR BOR BERDASARKAN INTERPRETASI
GEOLISTRIK DAN LOGGING DI DUSUN GENTING
DESA MERJOSARI MALANG**

oleh:

**ROSA ISNA ROSANA
0310930050-93**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal....
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

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

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rosa Isna Rosana
Nim : 0310930050
Jurusan : Fisika
Penulis Tugas Akhir berjudul :

**“IDENTIFIKASI LAPISAN AKUIFER UNTUK PEMBUATAN
SUMUR BOR BERDASARKAN INTERPRETASI
GEOLISTRIK DAN LOGGING DI DUSUN GENTING
DESA MERJOSARI MALANG“**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Agustus 2008
Yang menyatakan,

(Rosa Isna Rosana)
NIM. 0310930050-93

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



IDENTIFIKASI LAPISAN AKUIFER UNTUK PEMBUATAN SUMUR BOR BERDASARKAN INTERPRETASI GEOLISTRIK DAN LOGGING DI DUSUN GENTING DESA MERJOSARI MALANG

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang lapisan bawah permukaan dengan metode geolistrik dan logging di dusun Genting desa Merjosari Malang. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui penyebaran lapisan akuifer untuk menentukan posisi pemboran air bawah tanah dan membuat sumur bor yang sesuai dengan kondisi bawah permukaan. Pengukuran geolistrik dilakukan di empat titik yang diberi nama: GL-01, GL-02, GL-03 dan GL-04 dengan jarak antara titik pengukuran 100 m. Pengolahan data geolistrik menggunakan software Ip2win. Hasil interpretasi geolistrik menunjukkan bahwa titik pengukuran GL-03 memiliki potensi air bawah tanah yang paling besar karena memiliki lapisan akuifer yang paling tebal sehingga titik GL-03 ditetapkan sebagai posisi pemboran, selain itu posisi lapisan akuifernya paling dangkal dibandingkan di titik pengukuran yang lain yaitu di kedalaman 79 m sampai 200 m lebih. Di titik GL-03 juga dilakukan logging, dari hasil logging tersebut menunjukkan bahwa lapisan akuifer terletak di kedalaman 95 m sampai 150 m dan 160 sampai 200 m. Hasil interpretasi logging ini digunakan sebagai acuan untuk membuat konstruksi sumur bor.

IDENTIFICATION LAYER AQUIFER FOR THE BUILD DRILLING OF WELL BASE ON GEOELECTRIC INTERPRETATION AND LOGGING IN GENTING MERJOSARI VILLAGE THE DISTRICT OF MALANG

ABSTRACT

Study of subsurface structure using geoelectric method and logging in Genting Merjosari village the district of Malang has been carried out. The object of this research was to know aquifer layers distribution to determine the drilling position and make the construction of drilling well which matches with the geology subsurface. Measurement of geoelectric was carried out at four sounding points, were named: GL-01, GL-02, GL-03 and GL-04, with the interval between each points was 100 m. The data were processed using software Ip2win. The result of geoelectric interpretation show that GL-03 has the greatest of the groundwater potency because it has the thickest aquifer, thereon the GL-03 point is specified as the drilling position, beside the position of the layers aquifers is the shallowest compared to the other sounding points, which was between 79 m to more of 200 m dept. In addition the location at GL-03 point was also drilled to be used as a logging. The result logging indicated that layers aquifer were between 95 m to 150 m and also from 160 m to 200 m depth. This result is used as reference for the drilling well construction.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Identifikasi Lapisan Akuifer Untuk Pembuatan Sumur Bor Berdasarkan Interpretasi Geolistrik Dan Logging Di Dusun Genting Desa Merjosari Malang”**.

Selesainya laporan ini karena bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Wiyono, selaku Pembimbing I atas waktu, kesabaran dan nasehat yang telah diberikan pada penulis.
2. Bapak Drs. Adi Susilo Ph.D., selaku Ketua Jurusan Fisika dan pembimbing II atas waktu, bimbingan dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak H. Soeroso yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian diperoyek yang sedang beliau kerjakan dan terimakasih atas segala saran, bimbingan serta kesempatan yang beliau berikan untuk berdiskusi sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Suyanto beserta tim pemboran dan Bapak Didik beserta tim logging atas waktu dan bimbingannya dilapangan.
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah mengajar selama ini, atas ilmu dan bimbingannya.
6. Ibu dan Bapak, beserta keluarga yang tidak pernah berhenti mendoakan penulis dan memberikan dukungan dengan penuh cinta dan kasih sayang.
7. Seluruh karyawan Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
8. Teman-teman Fisika'03 yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis untuk segera menyelesaikan tugas Akhir.
9. Penghuni kontrakan Muti'ah atas pengertian dan kesabarannya.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2007

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xvi
 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 Air Tanah	5
2.1.1 Sifat Batuan yang Mempengaruhi Air Tanah.....	5
2.1.2 Akuifer	6
2.1.3 Keberadaan dan Pergerakan Air Tanah.....	8
2.2 Metode Geolistrik Resistivitas	9
2.2.1 Pengukuran Metode Geolistrik Resistivitas.....	10
2.2.2 Resistivitas Semu Batuan.....	12
2.3 Resistivitas Batuan	14
2.4 Pemboran Sumur.....	15
2.5 Logging.....	17
2.6 Pumping Test	18
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Data yang digunakan	19

3.3 Metode Penelitian	19
3.3.1 Pengolahan Data Geolistrik	22
3.3.2 Interpretasi Data Geolistrik.....	24
3.3.3 Penentuan Lokasi Pemboran.....	24
3.3.4 Pemboran Sumur.....	25
3.3.5 Logging.....	25
3.3.6 Pumping Test.....	26
3.3.7 Konstruksi Sumur.....	26
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Geologi Daerah Penelitian.....	29
4.2 Hasil Pengolahan data geolistrik dengan Software Ip2win.....	29
4.3 Interpretasi Data Geolistrik.....	32
4.4 Penentuan Lakasi Pemboran.....	35
4.5 Pemboran dan Analisis Sampel Batuan (<i>Shieving Analysis</i>).....	39
4.6 Interpetasi Data Logging.....	41
4.7 Korelasi Hasil Interpretasi Data Geolistrik dan Data Logging.....	42
4.8 Evaluasi Pumping.....	45
4.9 Pembuatan Kontruksi Sumur Bor.....	48
4.9.1 Penentuan Panjang Pipa Jambang.....	49
4.9.2 Penentuan Posisi Pemasangan Saringan.....	49
4.9.3 Pemasangan kostruksi Sumur.....	50
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pengukuran geolistrik konfigurasi wenner.....	9
Gambar 2.2 Konsep resistivitas semu pada dua medium berbeda.....	13
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian.....	20
Gambar 3.2 Skema Penelitian.....	21
Gambar 3.3 Bentuk data masukan pada software Ip2win.....	23
Gambar 3.4 Bentuk grafik hasil pengolahan data dengan Ip2win.....	23
Gambar 3.5 Bentuk Ddta hasil pengolahan data dengan Ip2win.....	24
Gambar 3.6 Rangkaian alat untuk Logging.....	27
Gambar 3.7 Rangkaian alat untuk Pumping Test.....	28
Gambar 4.1 Grafik hasil pengolahan data titik GL-01.....	30
Gambar 4.2 Grafik hasil pengolahan data titik GL-02.....	30
Gambar 4.3 Grafik hasil pengolahan data titik GL-03.....	31
Gambar 4.4 Grafik hasil pengolahan data titik GL-04.....	31
Gambar 4.5 Peta kontur resistivitas batuan.....	37
Gambar 4.6 Peta kontur resistivitas batuan.....	38
Gambar 4.7 Konstruksi sumur bor.....	52

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Kisaran nilai porositas dan koefisien permeabilitas lapisan batuan	7
Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Batuan.....	12
Tabel 2.3 Nilai Resistivitas Batuan	12
Tabel 4.1 Hasil interpretasi data geolistrik.....	33
Tabel 4.2 Hasil <i>Shieving Analysis</i> batuan pemboran (<i>Cutting</i>)..	40
Tabel 4.3 Hasil interpretasi data Logging.....	42
Tabel 4.4 Posisi lapisan akuifer berdasarkan interpretasi data Logging.....	42
Tabel 4.5 Korelasi hasil interpretasi data geolistrik dengan data log.....	44
Tabel 4.6 Contoh data <i>Pumping Test</i>	47
Tabel 4.7 Hasil evaluasi <i>Pumping Test Open Hole</i>	48
Tabel 4.8 Posisi TKA sesuai debit pemompaan.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

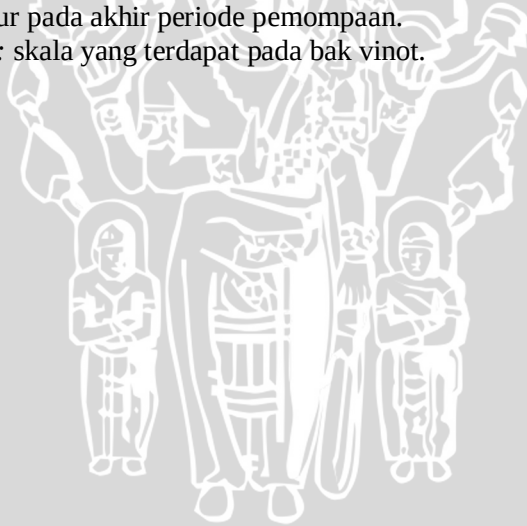
Halaman

Lampiran 1. Peta Geologi Daerah Malang.....	57
Lampiran 2. Peta Hidrogeologi Daerah Malang.....	58
Lampiran 3. Data Geolistrik.....	59
Lampiran 4. Data Masukan Software Surfer 8.0.....	63
Lampiran 5. Data Harian Pengeboran.....	64
Lampiran 6. Data Logging.....	80
Lampiran 7. Data Pumping Test Open Hole.....	81
Lampiran 8. Tabel Thomson (untuk debit kecil).....	90



DAFTAR ISTILAH

1. *Standing Water Level (SWL)*: kedalaman muka air sumur dalam keadaan sumur tidak dipompa, pengukuran dilakukan sebelum sumur dipompa dan diukur dari permukaan tanah setempat.
2. *SWL recover*: SWL kedalaman muka air sumur dalam keadaan sumur tidak dipompa, pengukuran diukur setelah sumur dipompa dan diukur dari permukaan tanah setempat
3. *Dynamic Water Level (DWL)*: kedalaman muka air sumur pada saat sumur dipompa, diukur dari permukaan tanah setempat.
4. *Draw -down (DD)* atau *penurunan* atau *surutan (S)*: jarak antara kedudukan muka air sebelum dipompa dengan setelah dipompa yang diukur selama pemompaan berlangsung
5. *Debit (Q)*: banyaknya air yang keluar atau dipompa
6. *Kapasitas debit (Qs)*: debit air yang diperoleh pada setiap penurunan muka air bawah tanah sepanjang satu satuan panjang dalam suatu sumur pada akhir periode pemompaan.
7. *Skala orifice (H)*: skala yang terdapat pada bak vinot.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan air terus meningkat seiring dengan bertambahnya kegiatan manusia. Untuk mengeksploitasi air tanah, orang kadang-kadang melakukan pemboran secara langsung dengan sistem coba-coba tanpa mengetahui struktur lapisan batuan serta posisi lapisan yang mengandung air tanah (akuifer). Pada kenyataannya dengan cara ini banyak pemboran air bawah tanah yang mengalami kegagalan seperti potensi air tanah yang diperoleh terlalu kecil atau bahkan tidak mendapatkan air, hal ini terjadi karena pemboran yang dilakukan tidak menembus lapisan akuifer. Bentuk kegagalan yang lain yaitu sumur bor yang dibuat tidak dapat memproduksi air secara maksimal sesuai dengan kapasitas akuifer atau sumur bor cepat kering, hal ini terjadi karena pembuatan konstruksi sumur bor tidak sesuai dengan kondisi geologi. Untuk menghindari atau mengurangi kegagalan-kegagalan tersebut maka perlu dilakukan penyelidikan sebelum melakukan eksploitasi air bawah tanah.

Tahapan dasar yang dilakukan untuk menyelidiki air bawah tanah antara lain yaitu penyelidikan topografi dan geologi daerah setempat, pendugaan awal tentang kondisi fisik bawah permukaan dan pemboran yang dilanjutkan dengan logging atau penampang geofisika untuk mengetahui kondisi fisik batuan bawah permukaan. Keadaan sebuah akuifer ditentukan oleh bentuk topografi daerah sekitar dan struktur geologinya sehingga perlu dilakukan penyelidikan topografi dan geologi dengan mengamati secara langsung kondisi topografi dan geologi daerah setempat, seperti arah aliran sungai, posisi pegunungan dan laut. Pendugaan fisik dilakukan untuk memperkirakan kondisi atau struktur batuan di bawah permukaan sehingga bisa diperkirakan keberadaan air bawah tanah dengan mengetahui kondisi dan posisi atau penyebaran lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer. Pendugaan fisika ini dapat dilakukan dengan metode geofisika. Dalam penelitian ini pendugaan fisik bawah permukaan dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas karena metode ini cukup sederhana dan murah, walaupun jangkauan kedalamannya tidak terlalu dalam, tetapi itu sudah mencapai target

yang diinginkan untuk eksplorasi air bawah tanah (Sosrodarsono, 1993).

Suatu sumur bor belum tentu bisa memproduksi air dengan debit yang besar walaupun dari hasil identifikasi awal tentang kondisi fisik bawah permukaan diketahui bahwa daerah tempat pemboran sumur tersebut memiliki potensi air yang besar, karena besarnya debit yang bisa diproduksi (dieksploitasi) dari sebuah sumur juga tergantung dari konstruksi sumurnya. Agar sumur dapat memproduksi air secara maksimal sesuai dengan kapasitas akuifer dan tidak cepat kering maka pembuatan konstruksi sumur bor harus sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan, oleh karena itu perlu dilakukan penyelidikan untuk mengetahui kondisi fisik bawah permukaan yang lebih akurat yaitu dengan melakukan pengukuran di dalam lubang sumur (logging).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengetahui struktur batuan bawah permukaan dan penyebaran lapisan akuifer berdasarkan interpretasi data geolistrik resistivitas,
2. Bagaimana menentukan lokasi pemboran sumur untuk eksploitasi air bawah tanah,
3. Bagaimana mengidentifikasi lapisan akuifer dengan logging,
4. Bagaimana membuat konstruksi sumur bor yang sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pendugaan kondisi fisik bawah permukaan menggunakan metode geolistrik resistivitas,
2. Pengolahan data geolistrik menggunakan software Ip2win,
3. Data-data yang digunakan adalah data geolistrik, data sampel batuan hasil pemboran dalam bentuk serbuk (cutting), data logging dan data pumping test.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui struktur batuan bawah permukaan serta penyebaran lapisan akuifer berdasarkan interpretasi geolistrik resistivitas,
2. Menentukan lokasi pemboran sumur untuk eksploitasi air bawah tanah,
3. Identifikasi lapisan akuifer dengan menggunakan logging,
4. Membuat konstruksi sumur bor sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil pendugaan kondisi fisik bawah permukaan dengan metode geolistrik resistivitas dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan lokasi pemboran untuk eksploitasi air bawah tanah dan hasil interpretasi logging dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat konstruksi sumur bor yang sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Tanah

Menurut Soemarto (1999) air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga (pori-pori) dalam lapisan geologi yang permeabel (tembus air). Sedangkan menurut Sosrodarsono (2003) air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah (batuan) yang terdapat di dalam ruang-ruang antara pori-pori batuan dan di dalam retakan-retakan batuan. Jadi air tanah merupakan air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat pada lapisan yang permeabel.

Air tanah terbentuk dari air hujan yang meresap ke dalam tanah di daerah resapan (*recharge area*) dan mengalir melalui lapisan batuan yang berfungsi sebagai lapisan pembawa air (akuifer) menuju daerah lepasan (*discharge area*). Jumlah air hujan yang meresap ke dalam tanah dipengaruhi oleh kemiringan permukaan tanah (topografi), kondisi cuaca, porositas dan permeabilitas batuan serta jumlah vegetasi yang terdapat pada daerah tersebut (Seyhan, 1990).

2.1.1 Sifat batuan yang mempengaruhi air tanah

Sifat lapisan batuan dibagi menjadi dua yaitu lapisan *permeabel* dan lapisan *impermeabel*. Lapisan yang dapat dilewati dengan mudah oleh air tanah seperti lapisan pasir, kerikil dan kerakal disebut lapisan *permeabel* atau biasa juga disebut lapisan akuifer. Lapisan yang sulit dilewati oleh air tanah dan mengandung air tanah seperti lapisan lempung, tufa dan tanah liat disebut lapisan kedap air atau *aquiclude*. Lapisan yang tidak bisa dilewati air tanah atau menahan air tanah seperti batuan beku yang keras disebut lapisan kebal air atau *aquifuge*. Lapisan kedap air dan lapisan kebal air disebut sebagai lapisan *impermeabel* (Sosrodarsono, 2003).

Karakteristik batuan pembawa air yang berfungsi sebagai akuifer adalah batuan yang mempunyai banyak pori-pori dan pori-pori tersebut saling berhubungan, misalnya endapan vulkanik klastik, endapan lepas (pasir, kerikil dan kerakal) dan batu gamping yang berongga. Semakin halus ukuran butiran batuan maka batuan tersebut akan menjadi lapisan pembawa air yang buruk (kedap air) karena

pori-porinya sangat kecil dan tidak saling berhubungan sehingga air tidak bisa lewat, contohnya lapisan lempung (Todd, 1980).

Batu gamping dan batu kapur yang telah mengalami pelapukan dan mempunyai lubang yang banyak dapat juga berfungsi sebagai akuifer yang baik. Pada umumnya batuan beku dan metamorfik tidak dapat berfungsi sebagai akuifer kecuali jika pada batuan tersebut ada rekahan atau retakan dan rongga yang cukup besar sehingga dapat menyediakan saluran dan tempat penampungan air (Bowles, 1986).

2.1.2 Akuifer air tanah

Keadaan sebuah akuifer ditentukan oleh struktur geologi dan bentuk topografinya. Dengan mengidentifikasi struktur geologi dapat diketahui keadaan dan kedudukan air bawah tanah berdasarkan kemampuan akuifer dalam menahan, menampung dan mengalirkan air tanah serta besar kapasitasnya. Berdasarkan susunan lapisan geologi, akuifer dibedakan menjadi tiga macam (Todd, 1980) yaitu:

- 1) Akuifer bebas (*Unconfined Akuifer*) adalah akuifer yang tidak jenuh air tanah, dimana bagian atasnya dibatasi oleh lapisan permeabel dan bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air (*impermeable*).
- 2) Akuifer terkekang (*Confined Akuifer*) adalah akuifer yang sepenuhnya jenuh air tanah, dimana bagian bawah dan atasnya dibatasi oleh lapisan kedap air dan mempunyai tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer.
- 3) Akuifer setengah terkekang (*Semi Confined Akuifer*) adalah akuifer yang sepenuhnya jenuh air tanah, dimana bagian atasnya dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (*semi impermeable*) dan bagian bawahnya terletak pada batuan dasar yang kedap air.

Kapasitas penyimpanan air suatu akuifer tergantung dari porositas batumannya. Porositas merupakan perbandingan volume pori-pori dengan volume total batuan. Bentuk pori-pori batuan tergantung dari ukuran butirannya, bentuk butirannya, ketidakteraturan susunannya (*irregularity*) serta distribusinya. Besar porositas lapisan batuan tergantung dari distribusi ukuran butiran bukan pada ukuran butiran mutlak, porositas akan menjadi kecil jika ukuran butiran suatu lapisan bervariasi karena butiran yang kecil akan mengisi ruang pori-pori butiran yang lebih besar. Porositas dalam endapan sedimen tergantung pada bentuk dan susunan masing-

masing butir dan tingkat sedimentasi serta pematatannya (Soemarto, 1999).

Bagus tidaknya 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 kelulusan atau kemudahan aliran fluida untuk melewati suatu media poros. Kisaran nilai porositas dan koefisien permeabilitas lapisan dapat dilihat pada tabel 2.1 (Seyhan, 1990).

Tabel 2.1 Kisaran nilai porositas dan koefisien permeabilitas lapisan batuan (Sosrodarsono, 2003).

Jenis Lapisan	Porositas (%)	Porositas efektif (%)	Koefisien Permeabilitas (cm/s)
Alluvium			
Lempung	45 – 50	5 – 10	$10^{-4} - 10^{-5}$
Lanau (Silt)	35 – 45	5 – 8	$10^{-4} - 10^{-5}$
Pasir	30 – 35	20 – 25	$10^{-1} - 10^{-2}$
Pasir dan kerikil	25 – 30	15 – 20	$10^{-1} - 10^{-2}$
Dilluvium			
Lempung	50 – 60	3 – 5	$10^{-5} - 10^{-6}$
Lanau	40 – 50	5 – 10	$10^{-5} - 10^{-6}$
Pasir	35 – 40	15 – 20	$10^{-2} - 10^{-3}$
Pasir dan kerikil	30 – 35	10 – 20	$10^{-2} - 10^{-3}$
Non tersier			
Batulumpur	55 – 65	3 – 5	$10^{-5} - 10^{-6}$
Batupasir	40 – 50	5 – 10	$10^{-3} - 10^{-4}$
Tufa	30 – 65	3 – 10	$10^{-3} - 10^{-6}$

Berbeda dengan porositas, permeabilitas sangat tergantung pada ukuran butir batuan. Secara umum semakin kecil ukuran butir batuan maka makin kecil pula ukuran pori-porinya sehingga koefisien permeabilitasnya akan semakin rendah. Pasir dan kerikil merupakan lapisan yang sangat baik sebagai akuifer karena selain memiliki pori-pori yang banyak (porositas besar) juga memiliki permeabilitas yang

besar. Lapisan batuan dengan porositas yang besar belum tentu bisa berfungsi sebagai akuifer yang baik karena porositas yang besar tidak selalu disertai oleh permeabilitas yang besar, contohnya lempung walaupun memiliki porositas yang besar tetapi permeabilitasnya kecil karena ruang-ruang antar butirnya (pori-pori) sangat kecil dan tidak saling berhubungan sehingga fluida atau air yang ada di dalam pori-pori tersebut tidak bisa bergerak (Bowles, 1986).

2.1.3 Keberadaan dan pergerakan air tanah

Keberadaan air tanah di bawah permukaan tanah dibagi dalam dua zone yaitu zone jenuh dan zone tidak jenuh. Bagian batuan yang tidak terisi oleh bagian padatan akan terisi oleh fluida (cair atau gas). Pada zone jenuh semua rongga-rongga (pori-pori) terisi oleh air dibawah tekanan hidrostatik. Sedangkan pada zone tidak jenuh pori-porinya sebagian terisi oleh air dan sebagian oleh udara. Zone jenuh berada dibawah permukaan air tanah dan zone tidak jenuh terletak diatas zone jenuh sampai ke permukaan tanah. Air yang berada dalam zone jenuh disebut air tanah, sedangkan air yang berada di zone tak jenuh disebut air menggantung atau air tanah dangkal atau air permukaan. Antara daerah jenuh dan daerah tidak jenuh tidak ada garis batas yang jelas dan air dari kedua daerah tersebut dapat berpindah-pindah (Soemarto, 1999).

Secara umum air tanah akan mengalir dari tekanan tinggi menuju ke tekanan rendah melalui celah dan atau pori-pori batuan. Perbedaan tekanan ini secara umum diakibatkan oleh gaya gravitasi (perbedaan ketinggian), adanya lapisan penutup yang impermeabel diatas lapisan akuifer dan gaya lainnya yang diakibatkan oleh pola struktur batuan atau fenomena lainnya yang ada di bawah permukaan tanah. Pergerakan air tanah ini secara umum disebut gradien aliran airtanah (potentiometrik). Mengetahui pergerakan atau aliran air tanah sangat penting dalam menentukan suatu daerah yang memiliki potensi air tanah yang besar (Seyhan, 1990).

Secara garis besar berdasarkan sifat fisik batuan, ada dua jenis media penyusun akuifer, yaitu sistem media berpori dan media rekahan. Pada sistem media berpori, air tanah mengalir melalui rongga antar butir yang terdapat dalam batuan, misalnya pada batuan pasir dan batuan aluvial. Sedangkan pada sistem media rekahan, air mengalir melalui rekahan-rekahan yang terdapat pada batuan,

misalnya pada batu gamping, batuan metamorf dan batuan lava. Retakan biasanya terdapat dalam batuan kristalin atau batuan padat yang keras sedangkan lubang-lubang yang besar merupakan ciri formasi batu kapur dan batuan gunung api. (Seyhan, 1990).

2.2 Metode Geolistrik Resistivitas

Metoda geolistrik resistivitas merupakan salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk memperkirakan struktur lapisan batuan di bawah permukaan dengan mempelajari sifat aliran listrik dalam bumi yang dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui dua buah elektroda arus kemudian mengukur beda potensial yang terjadi dipermukaan. Selain itu metode ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan adanya air tanah berdasarkan keberadaan lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer (Santoso, 2002).

Cara kerja metoda geolistrik secara sederhana dapat dianalogikan dengan rangkaian listrik. Jika arus dari suatu sumber dialirkan ke suatu beban listrik maka besarnya resistansi R dapat dihitung berdasarkan besarnya potensial sumber dan besar arus yang mengalir. Hukum kelistrikan yang menjadi dasar dalam metode geolistrik resistivitas adalah hukum ohm. Bila arus listrik searah dialirkan melalui suatu medium maka perbandingan antara potensial (V) yang terjadi dengan arus (I) yang diberikan adalah tetap dan besarnya tetapan ini tergantung dari medium yang dilewati oleh arus tersebut. Tetapan ini disebut dengan hambatan (R), yang dinyatakan dalam:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (2.1)$$

dimana : R = hambatan (ohm)
 ΔV = beda potensial (volt)
 I = arus listrik (ampere).

Dalam pengukuran geolistrik, resistansi yang terukur tidak dapat digunakan untuk memperkirakan jenis lapisan batuan karena hasil pengukuran tersebut masih tergantung dari faktor geometri (susunan elektroda), oleh karena itu harus dilakukan pengolahan data geolistrik untuk mengetahui nilai resistivitas tiap lapisan batuan (Robinson, 1988).

2.2.1 Pengukuran metode geolistrik resistivitas

Pengukuran metode geolistrik resistivitas dapat dilakukan dengan dua cara yaitu (Telford, 1996) yaitu:

1) Metode Resistivitas Mapping

Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk menyelidiki variasi resistivitas lapisan batuan ke arah horisontal. Kedalaman lapisan di bawah permukaan yang tersurvey adalah sama. Pelaksanaannya dilakukan dengan menggerakkan seluruh elektroda sepanjang lintasan pengukuran secara bersama-sama dengan interval jarak tertentu dan arah yang sama.

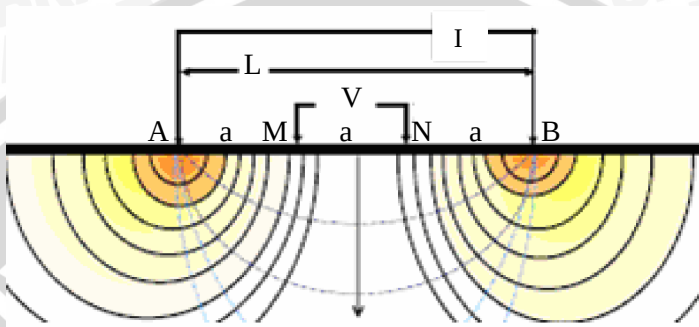
2) Metode Resistivitas Sounding

Metode ini digunakan untuk menyelidiki variasi resistivitas ke arah vertikal (kedalaman). Dari metode ini akan diketahui tebal masing-masing lapisan batuan yang berada dibawah titik pengukuran. Pelaksanaannya dilakukan dengan menggerakkan elektroda menjauhi pusat konfigurasi. Semakin jauh elektrodanya semakin dalam jangkauan lapisan yang bisa disurvei.

Pengukuran geolistrik menggunakan 4 elektroda, yaitu 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Pengukuran dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik kedalam tanah melalui 2 elektroda arus yang ditancapkan kedalam tanah dengan jarak tertentu dan susunan elektroda (konfigurasi) tertentu sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Salah satu bentuk konfigurasi elektroda yang sering digunakan untuk eksplorasi air tanah adalah konfigurasi wenner. Bentuk konfigurasi wenner dapat dilihat pada gambar 2.1 (Telford, 1996).

Pada pengukuran dengan konfigurasi wenner seperti gambar 2.1, keempat elektroda dipasang segaris dengan jarak yang sama (a) dan elektroda arus AB berada diluar elektroda potensial MN. Konfigurasi wenner sebagian besar digunakan untuk pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui struktur batuan (perbedaan resistivitas) ke arah vertikal. Jika arus yang diinjeksikan ke dalam tanah semakin besar dan jarak antara elektroda arus semakin jauh maka arus yang diinjeksikan akan menembus lapisan bumi yang lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik tersebut akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung dengan 2 buah elektroda potensial. Bila posisi jarak elektroda arus diubah

maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda potensial ikut berubah sesuai dengan jenis batuan yang dilewati oleh arus listrik pada kedalaman yang lebih dalam (Telford, 1996).



Keterangan:

A dan B = elektroda arus

M dan N = elektroda potensial

a = jarak antara elektroda

L = jarak antara elektroda A dan B

Gambar 2.1 Cara pengukuran geolistrik konfigurasi wenner

Berdasarkan gambar 2.1, dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan setengah dari jarak AB, bila digunakan arus listrik searah maka diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari $AB/2$, maka besar beda potensial antara titik M dan N adalah (Santoso, 2002):

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{Ip}{2\pi} \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right) \quad (2.2)$$

dimana:

ΔV : beda potensial yang terukur antara elektroda M dan N

V_M : potensial dititik M (volt)

V_N : potensial dititik N (volt)

I : arus listrik yang mengalir pada elektroda A dan B (ampere)

ρ : tahanan jenis terukur atau resistivitas (ohm.meter)

Untuk menghitung nilai tahanan jenis dapat diturunkan dari persamaan beda potensial pada persamaan 2.2, sehingga diperoleh:

$$\rho = 2\pi \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)^{-1} \right) \frac{\Delta V}{I} \quad (2.3)$$

Jika:

$$2\pi \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right)^{-1} \right) = K \quad (2.4)$$

maka persamaan 2.3 akan menjadi:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.5)$$

Besaran K pada persamaan 2.4 disebut sebagai faktor geometri, nilainya tergantung dari jarak antara elektroda, jadi besaran K atau faktor geometri akan berubah untuk konfigurasi yang berbeda. Pada konfigurasi wenner jarak antara elektrodanya sama ($AM = MN = NB$), maka faktor geometri untuk konfigurasi wenner jika dimisalkan $AM = MN = NB = a$, adalah:

$$K = 2\pi \left(\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right)^{-1} \right) = 2\pi a \quad (2.6)$$

Jadi persamaan tahanan jenis untuk konfigurasi wenner sesuai dengan persamaan 2.5 dan 2.6 adalah:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$

Berdasarkan hukum Ohm (persamaan 2.1), dimana $R = \frac{\Delta V}{I}$ maka tahanan jenis pada persamaan 2.7 menjadi:

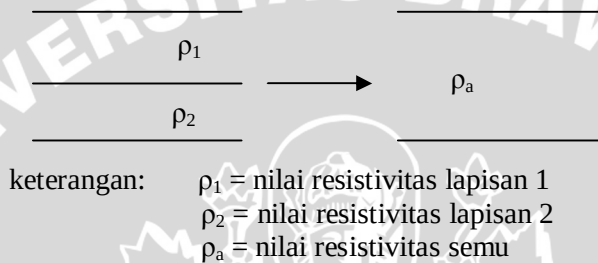
$$\rho = KR \quad (2.8)$$

2.2.2 Resistivitas semu batuan

Dengan asumsi bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis, maka resistivitas yang terukur pada saat melakukan pengukuran geolistrik merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak tergantung atas spasi elektroda. Tetapi kenyataannya batuan di bumi terdiri dari banyak lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda dan beda potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan

tersebut sehingga nilai resistivitas yang terukur bukan nilai resistivitas untuk satu lapisan (bukan nilai resistivitas yang sebenarnya), tetapi yang terukur adalah nilai resistivitas lebih dari satu lapisan yang disebut resistivitas semu atau *apparent resistivity* (ρ_a). Hal ini terutama terjadi pada spasi elektroda yang lebar, karena semakin lebar jarak elektroda maka jangkauannya akan semakin dalam (Waluyo, 2001).

Resistivitas semu dapat digambarkan seperti pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Konsep resistivitas semu pada dua medium berbeda

Berdasarkan gambar 2.2, dimisalkan bumi terdiri dari dua lapisan yang mempunyai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2), pada pengukuran geolistrik akan dianggap sebagai medium satu lapis yang homogen sehingga mempunyai satu nilai resistivitas yang disebut sebagai resistivitas semu (ρ_a).

Menurut Robinson (1988), interpretasi dari hasil pengukuran geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan-anggapan sebagai berikut:

- 1) Permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan yang dibatasi oleh bidang batas horisontal serta terdapat kontras resistivitas antara bidang batas setiap lapisan tersebut.
- 2) Lapisan bumi bersifat homogen isotropik dan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali untuk lapisan terbawah mempunyai ketebalan yang tidak terjangkau.
- 3) Batas antara dua lapisan merupakan bidang batas antara dua resistivitas yang berbeda.
- 4) Di dalam bumi tidak ada sumber listrik lain selain arus listrik searah (DC) yang diinjeksikan diatas permukaan bumi.

2.3 Resistivitas Batuan

Nilai resistivitas atau tahanan jenis batuan dipengaruhi oleh porositas, kandungan air atau fluida dan kelarutan garam dalam fluida yang mengisi pori-porinya. Kandungan air yang ada didalam batuan akan menurunkan nilai resistivitas batuan oleh karena itu batuan yang mengandung air akan mempunyai nilai resistivitas yang lebih rendah dari pada batuan yang kering, jadi nilai resistivitas batuan akan berkurang dengan bertambahnya kandungan air. Kelarutan garam dalam air yang mengisi pori-pori batuan akan menyebabkan kandungan ion dalam air tersebut meningkat dan hal ini akan menyebabkan air tersebut berfungsi sebagai konduktor yang baik sehingga daya hantar listrik batuan tersebut akan semakin besar dan resistivitasnya semakin kecil. Nilai resistivitas berbagai jenis batuan dapat dilihat pada tabel 2.2, dan tabel 2.3.

Ketentuan nilai resistivitas batuan (Verhoef, 1994) adalah sebagai berikut:

- 1) Hambatan yang tinggi terdapat pada batuan padat tanpa pori-pori dan batuan kering yang berpori.
- 2) Hambatan yang relatif tinggi terdapat pada lapisan batuan yang berpori-pori dan pori-porinya tersebut terisi oleh air tawar.
- 3) Hambatan yang rendah terdapat pada lapisan batuan yang berpori-pori dan pori-porinya tersebut terisi oleh air asin.
- 4) Hambatan yang sangat rendah terdapat pada lapisan yang memiliki pori-pori yang sangat banyak dengan ukuran yang sangat kecil dan pori-porinya tersebut mengandung air tawar.

Faktor yang mempengaruhi harga resistivitas suatu lapisan batuan adalah :

- 1) Komposisi kimiawi dari butiran penyusun dan komposisi bahan penyemen pada batuan, apakah resistif (seperti mineral kwarsa) atau konduktif (seperti mineral yang mengandung bijih besi).
- 2) Ukuran fragmen (butir) dan jumlahnya, semakin besar fragmennya dan semakin banyak jumlahnya umumnya harga tahanan jenisnya semakin besar.
- 3) Ada tidaknya larutan yang mengisi pori-pori batuan serta komposisi larutan tersebut. Batuan yang tidak mengandung larutan atau dalam kondisi kering akan memiliki harga tahanan jenis lebih tinggi.

Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Batuan (Sosrodarsono, 2003)

Jenis Material	Nilai resistivitas ($\Omega.m$)
Lapisan silt /lanau – lempung	10 – 200
Lapisan pasir	100 – 600
Lapisan pasir dan kerikil	100 – 1000
Batu pasir	50 – 500
Batu lumpur/tufa	20 – 200
Konglomerat	100– 500
Kelompok andesit	100 – 2000
Kelompok granit	1000 – 10000
Kelompok chart, slate	200 – 2000

Tabel 2.3 Nilai Resistivitas Batuan (Hunt, 1984)

Jenis Material	Nilai resistivitas ($\Omega.m$)
Tanah lempung	1.5 – 3
Lempung	3 – 15
Lanauan	15 – 150
Tanah lanau pasiran	150 – 300
Pasi kerikil kelanauan	300
Pasir kerikil kering	2400
Batuan dasar lembab	2400
Kelompok cheret	20 – 200
Serpih/Shale	0,18 – 0,24

2.4 Pemboran Sumur

Berdasarkan mekanisme pemboran, metode pemboran dibagi tiga yaitu:

- 1) Pemboran Tumbuk
Dioperasikan dengan cara mengangkat dan menjatuhkan alat bor berat secara berulang-ulang ke dalam lubang bor sehingga terbentuk akibat mekanisme tumbukan dan beban rangkaian bor.
- 2) Pemboran Putar
Lubang bor dibentuk dari pemboran dengan mekanisme putar dan disertai pembebanan.
- 3) Bor Putar Hidraulik

Lubang bor dibentuk dari kombinasi antara mekanisme putar, tekanan hidrolik dan beban stang bor.

Pada saat melakukan pemboran kadang-kadang lapisan batuan yang dibor bukan suatu lapisan yang padat sehingga keliling lubang yang telah dibor mudah runtuh, oleh karena itu pada saat pemboran berlangsung lubang tersebut diisi dengan lumpur. Setelah melakukan pemboran biasanya dilakukan uji akuifer, oleh karena itu diameter sumur lebih baik adalah sekitar 150 mm, karena yang harus diamati adalah suatu permukaan yang dinamis yakni permukaan air tanah selama pemompaan. Besarnya lubang pemboran harus lebih besar kira-kira 100 mm dari pipa pelindung (casing), karena antara keliling lubang dengan pipa pelindung perlu diisi dengan kerikil penutup (Suyono, 1999).

Tujuan pemboran yaitu untuk eksplorasi atau mengambil data, untuk eksploitasi atau mengambil sumberdaya alam dan untuk kedua-duanya maksudnya satu sumur digunakan untuk dua kepentingan yaitu: untuk sumur eksplorasi sekaligus digunakan sebagai sumur eksploitasi. Pemboran sumur yang dilakukan untuk mengambil data biasanya disebut pemboran uji atau survey penggalan. Survey penggalan dilakukan untuk mengetahui jenis batuan (litologi) dan untuk mengadakan uji akuifer. Penentuan jenis litologi pada survey penggalan dilakukan dengan mengamati sampel batuan secara langsung yang diperoleh dari pemboran dan dengan melakukan penampakan listrik atau logging pada lubang sumur. Tujuan utama pemboran uji dalam survey air tanah adalah untuk menetapkan batuan dasar dan kedalamannya serta mengetahui secara lebih pasti posisi dan ketebalan akuifer yang telah diperkirakan oleh survey-survey sebelumnya (Sosrodarsono, 2003).

Proses pemboran sumur untuk eksploitasi air bawah tanah yaitu: pemboran, penampang listrik atau logging, penyelesaian sumur dan uji akuifer. Penyelesaian sumur terdiri dari pemasangan kontruksi sumur dan pembersihan sumur. Kontruksi sumur bor air tanah terdiri dari pipa jambang, saringan, pembalut kerikil, penyekat semen dan lempung. Saringan dipasang untuk mengumpulkan air tanah secara efektif dari akuifer. Kapasitas saringan ditentukan oleh kondisi perbandingan lubang bukaan terhadap porositas efektif dan bagaimana penempatan saringan yang tepat untuk pengambilan air tanah. (Wilson, 1993)

Proses pemasangan kontruksi sumur bor pertama kali dilakukan dengan memasukkan pipa pelindung (casing) yang terhubung dengan saringan ke dalam lubang bor. Ruang antara keliling lubang dan pipa pelindung diisi dengan kerikil, lempung, semen dan lain-lain. Bagian luar saringan dilapisi dengan kerikil untuk mencegah saringan tersumbat dengan lumpur. Lapisan kerikil ini akan turun pada saat pencucian bagian dalam sumur dan uji akuifer sesudah casing dipasang. Pada waktu pemboran digunakan lumpur, maka pada dinding lubang sumur terbentuk lapisan tipis lempung dan air berlumpur juga masuk ke dalam lapisan yang impermeabel atau akuifer, oleh karena itu harus dilakukan pencucian sumur. Pencucian bertujuan agar dari dalam sumur dapat dieksploitasi jumlah air secara maksimal, hal ini bisa dicapai dengan mengurangi hambatan terhadap aliran air dari akuifer. Prosedur pencucian sumur berbeda-beda tergantung pada tipe bahan akuifer, tipe alat pembor atau alat pencuci yang digunakan dan pengalaman pengebor (Sosrodarsono, 2003).

2.5 Logging

Logging merupakan pengukuran atau perekaman data di dalam lubang sumur. Logging geofisika (penampang geofisika) adalah suatu cara penyelidikan geofisika di dalam lubang sumur yang cukup teliti dan menghasilkan data yang kontinyu untuk mengetahui kondisi fisik batuan. Dengan bantuan alat sensor yang diturunkan ke dalam lubang sumur, maka parameter fisika atau kelistrikan akan dicatat oleh suatu alat dipermukaan, yang kemudian akan diinterpretasikan ke dalam istilah litologi/batuan beserta kemungkinan fluida atau cairan yang terkandung didalamnya (Harsono, 1997).

Berdasarkan sampel batuan (cutting) hasil pemboran bisa diketahui struktur lapisan batuan dilubang sumur dan sekitarnya, dari sampel batuan pemboran bisa diketahui posisi-posisi batuan yang poros tetapi tidak bisa diketahui posisi lapisan akuifer karena lapisan yang poros belum tentu mengandung air, oleh karena itu setelah pemboran perlu dilakukan logging geofisika. Logging geofisika yang sering digunakan dalam pembuatan sumur bor air tanah adalah penampang listrik (*electrical logging*) yang mengukur resistivitas batuan disekitar lubang bor. Dari penampang listrik ini bisa diketahui

jenis batuan/litologi dan batas-batasnya serta posisi lapisan akuifer. Setelah diketahui posisi-posisi lapisan akuifer dan lapisan impermeabel serta dalamnya lapisan batuan dasar dari hasil interpretasi penampangan listrik maka dapat dibuat kontruksi sumur bor (Sosrodarsono, 2003).

Penggunaan utama logging geofisika pada studi hidrologi air tanah adalah untuk menentukan bentuk geometri dan litologi sistem akuifer dan perkiraan kualitas air tanah. Tujuan logging geofisika pada pembuatan sumur bor (Harsono, 1997) yaitu:

- 1) Untuk mengetahui letak atau posisi akuifer.
- 2) Untuk mengetahui ketebalan akuifer.
- 3) Penentuan posisi saringan, pompa sesuai dengan aturan yang berlaku, serta panjang saringan.
- 4) Memperkirakan kualitas air tanah pada suatu akuifer.

2.6 Pumping Test

Pumping test atau uji pemompaan merupakan suatu tahapan untuk menguji kapasitas debit dan parameter-parameter fisik akuifer sebelum dilakukan tahap eksploitasi pada sumur bor. Secara umum uji pemompaan atau pumping test terdiri dari dua metoda yaitu uji akuifer dan uji pompa. Uji akuifer penting untuk perencanaan sumur dan pengontrolannya, tujuannya adalah untuk mengetahui ketetapan akuifer seperti koefisien permeabilitas dan koefisien penampungan (Sosrodarsono, 2003).

Salah satu metode pengujian permeabilitas dilapangan adalah dengan uji pemompaan sumur (*well pumping test*). Pada metode ini pemompaan dilakukan terus-menerus pada sebuah sumur yang menembus sampai ke dasar lapisan tanah (tanah keras). Pemompaan dilakukan sampai tercapai kondisi rembesan yang stabil pada sumur. Uji pemompaan merupakan cara pendugaan permeabilitas akuifer yang digunakan pada air tanah dalam yang melibatkan pemompaan air dari lubang pemboran dengan laju yang konstan atau meningkat secara berangsur-angsur dan pengamatan arus-arus air secara simultan pada berbagai jarak dari sumur. Permeabilitas akuifer dapat ditentukan dengan hukum Darcy berdasar bentuk dan sifat aras air yang menurun disekitar sumur, dan pemulihan kembali aras air setelah pemompaan berbenti (Seyhan, 1990).

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2007 sampai Februari 2008 di dusun Genting desa Merjosari kecamatan Lowokwaru Malang. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2 Data Yang Digunakan

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data sekunder dan primer. Data sekunder yang digunakan adalah data geolistrik dan peta geologi serta geohidrologi daerah Malang. Peta geologi dan hidrogeologi daerah Malang dapat dilihat pada lampiran 1 dan 2. Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan alat Abem Resistivity pada saat kondisi cuaca sedang cerah yang dilakukan pada tanggal 14 September 2006 dengan menggunakan konfigurasi wenner dan cara pengukuran sounding. Data geolistriknya terdiri dari jarak antar elektroda atau spasi (a) dalam meter dan tahanan atau resistansi (R) batuan terukur dalam ohm. Pengukuran geolistrik dilakukan diempat titik yang dinamai titik pengukuran (titik sonding) GL-01, GL-02, GL-03 dan GL-04 dengan jarak antar titik pengukuran adalah 100 meter. Data geolistrik dapat dilihat pada lampiran 3. Data primer yang digunakan yaitu: data harian pemboran, sampel batuan pemboran (cutting), data logging dan data pumping test.

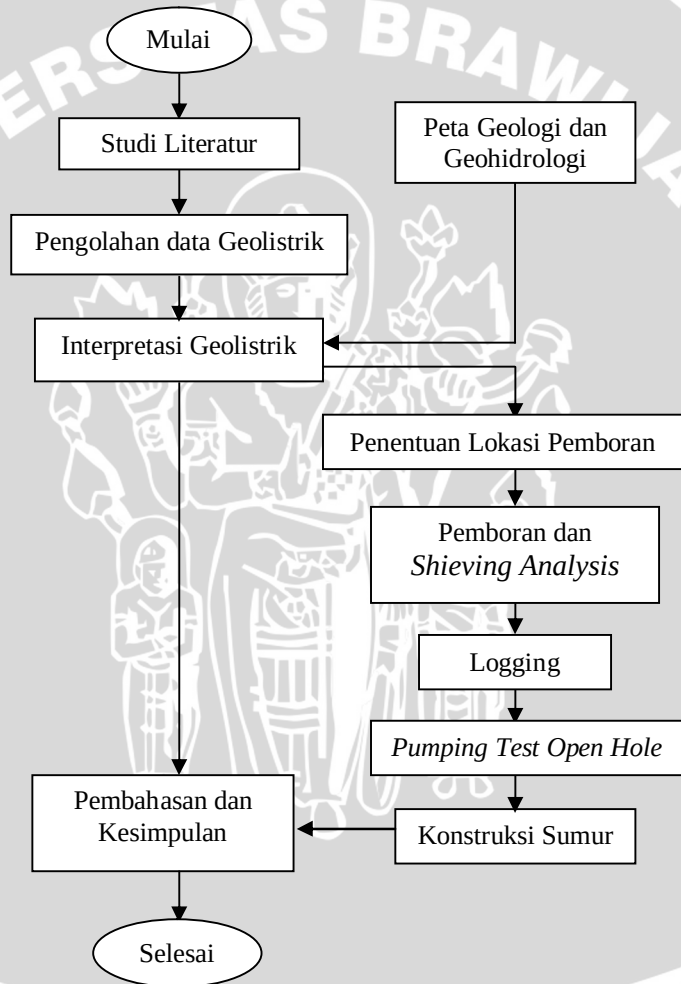
3.3 Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan pengolahan data geolistrik untuk mengetahui jumlah lapisan dan ketebalan serta kedalamannya, kemudian dilanjutkan dengan interpretasi atau menentukan jenis batuan (litologi) berdasarkan nilai resistivitasnya yang dikorelasi dengan peta geologi dan hidrogeologi Malang. Hasil pengolahan data geolistrik dari ke-empat titik pengukuran dibuat kontur resistivitas untuk mempermudah melihat struktur lapisan batuan di bawah permukaan, kemudian dilakukan penentuan lokasi pemboran untuk eksploitasi air bawah tanah berdasarkan penyebaran lapisan akuifer.

PETA Kab. MALANG



Pada saat pemboran dilakukan pengambilan data yaitu: waktu rata-rata matabor untuk menembus lapisan batuan dengan ketebalan tertentu (data harian pemboran) dan sampel batuan pemboran yang berupa serbuk (*cutting*) setiap kedalaman 1 m, kemudian dilakukan *shieving analysis*. Setelah pemboran selesai dilanjutkan dengan logging dan pumping test open hole, kemudian membuat konstruksi sumur bor. Sekema penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema penelitian

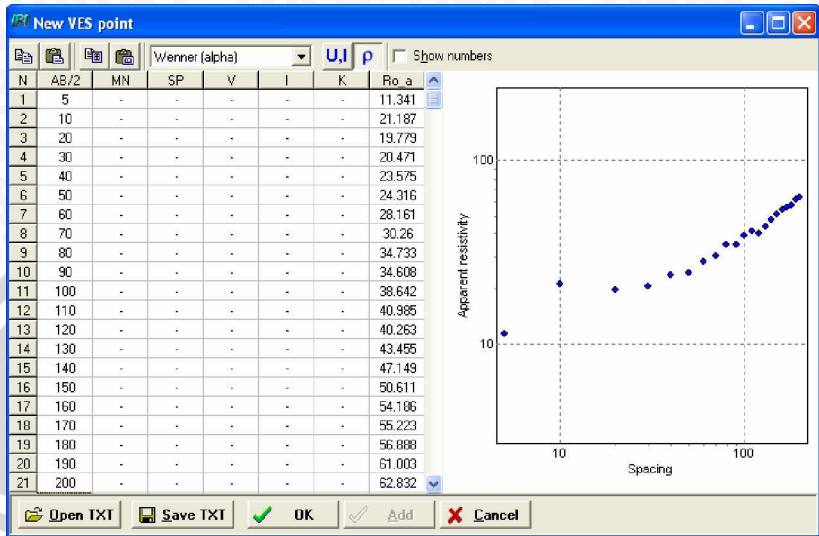
3.3.1 Pengolahan data geolistrik

Hal pertama yang dilakukan pada pengolahan data geolistrik adalah menghitung faktor geometri (K) untuk konfigurasi wenner dengan persamaan 2.6: $K = 2\pi a$, kemudian menghitung nilai resistivitas batuan ρ ($\Omega.m$) dengan persamaan 2.8: $\rho = KR$, nilai resistivitas yang diperoleh dari perhitungan ini adalah resistivitas semu atau *apparent resistivity* (ρ_a), bukan nilai resistivitas yang sebenarnya dari setiap lapisan karena batuan di bawah permukaan bumi terdiri dari banyak lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda. Untuk mengetahui nilai resistivitas yang sebenarnya harus dilakukan pengolahan data geolistrik. Pengolahan data geolistrik ini dapat dilakukan dengan berbagai cara dan program, salah satunya dengan menggunakan program komputer yaitu software Ip2win.

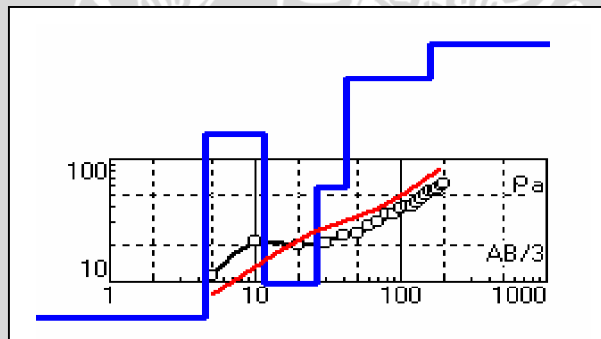
Data geolistrik yang dimasukkan pada software Ip2win terdiri dari jarak antara elektroda atau spasi a (meter) dan nilai resistivitas semu ρ_a (ohm.meter). Langkah-langkah pengolahan data geolistrik dengan software Ip2win adalah sebagai berikut:

- 1) Buka program software Ip2win, kemudian pilih metode yang digunakan sesuai dengan pengukuran geolistrik yang dilakukan,
- 2) Masukkan data yang terdiri dari spasi a (m) dan resistivitas semu ρ_a ($\Omega.m$), contoh masukan data dapat dilihat pada gambar 3.3,
- 3) Simpan data dalam bentuk file txt,
- 4) Lakukan interpretasi untuk memperoleh jumlah lapisan, kedalaman dan ketebalan lapisan serta nilai resistivitas yang sebenarnya dari masing-masing lapisan batuan, interpretasi dilakukan sampai diperoleh error yang paling kecil,
- 5) Kemudian simpan hasil interpretasi dalam bentuk file dat.

Hasil pengolahan data dengan software Ip2win adalah dalam bentuk kurve 2 dimensi (grafik) yang dapat dilihat pada gambar 3.4 dan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada gambar 3.5. Grafik yang diperoleh dari pengolahan data geolistrik terdiri dari garis berwarna hitam, merah dan biru. Garis yang berwarna hitam merupakan kurve yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (kurve lapangan), garis berwarna merah adalah kurve standar yang akan digunakan untuk mencocokkan kurve lapangan dan garis warna biru yang terdiri dari garis vertikal dan horisontal merupakan model parameter yang diperoleh.



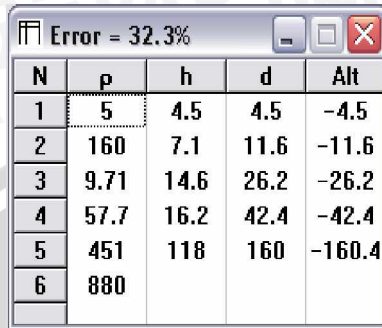
Gambar 3.3 Bentuk data masukan pada software Ip2win.



Keterangan:

- Sumbu x = kedalaman lapisan (meter)
- Sumbu y = nilai resistivitas (ohm.meter)
- Kurve hitam = kurve lapang
- Kurve merah = kurve standar
- Kurve biru: Vertikal = menunjukkan jumlah lapisan
- Horisontal = menunjukkan ketebalan (m)

Gambar 3.4 Grafik hasil pengolahan data dengan Ip2win



Error = 32.3%				
N	ρ	h	d	Alt
1	5	4.5	4.5	-4.5
2	160	7.1	11.6	-11.6
3	9.71	14.6	26.2	-26.2
4	57.7	16.2	42.4	-42.4
5	451	118	160	-160.4
6	880			

Keterangan:

- N = jumlah lapisan
 ρ = resistivitas batuan (ohm.meter)
h = ketebalan lapisan (meter)
d dan Alt = kedalaman lapisan (meter)

Gambar 3.5 Tabel hasil pengolahan data Ip2win

Jadi dari pengolahan data dengan software Ip2win ini dapat diketahui jumlah lapisan, kedalaman dan ketebalan lapisan serta nilai resistivitas sebenarnya dari masing-masing lapisan batuan

3.3.2 Interpretasi data geolistrik

Interpretasi data geolistrik merupakan penafsiran nilai resistivitas atau menentukan jenis batuan (litologi) berdasarkan nilai resistivitasnya. Dari hasil pengolahan data geolistrik diketahui jumlah lapisan, ketebalan dan kedalamannya serta nilai resistivitas setiap lapisan, nilai resistivitas ini digunakan untuk memperkirakan jenis lapisan batuan. Pada saat menginterpretasi data geolistrik selain mengacu pada tabel nilai resistivitas batuan juga harus mengacu pada peta geologi daerah penelitian (peta geologi daerah Malang).

3.3.3 Penentuan lokasi pemboran

Dari hasil pengolahan data geolistrik ke empat titik pengukuran dibuat kontur resistivitas, tujuannya untuk mempermudah melihat struktur lapisan batuan dibawah permukaan sehingga lebih mudah

melihat penyebaran batuan yang diperkirakan dapat berfungsi sebagai lapisan akuifer. Pembuatan kontur resistivitas ini menggunakan software Surfer 8.0. Data yang dimasukkan pada software Surfer 8.0 terdiri dari jarak antara titik duga, kedalaman lapisan dan nilai resistivitas batuan (lampiran 4). Dengan mengetahui penyebaran dan ketebalan serta kondisi lapisan akuifer maka dapat diperkirakan areal yang memiliki potensi air tanah yang besar. Areal yang memiliki potensi air tanah yang besar ditetapkan sebagai lokasi pemboran.

3.3.4 Pemboran sumur

Pemboran mulai dilakukan pada tanggal 22 Mei 2007 sampai 3 Pebruari 2008. Pengeboran direncanakan sampai kedalaman 210 meter dengan mata bor diameter 8". Alat yang digunakan adalah mesim bor yang digerakkan dengan diesel dan matabor yang digunakan adalah trikon bit sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan yang diketahui dari hasil interpretasi data geolistrik. Pada saat pemboran berlangsung dilakukan pengambilan data berupa waktu tembus lapisan batuan oleh mata bor dan sampel batuan yang berupa serbuk batuan hasil pemboran yang biasa disebut *cutting*. *Cutting* diambil setiap kedalaman 1 meter, kemudian dilakukan *shieving analysis* yakni menentukan jenis batuan dengan cara mengamati bentuk, tekstur dan ukuran batuan sehingga bisa diketahui struktur lapisan batuan di lubang bor.

3.3.5 Logging

Logging dilakukan pada tanggal 4 februari 2008. Alat-alat yang digunakan yaitu Logger (alat perekam log), satu buah kabel logger lengkap dengan sonde yang terdiri dari sonde potensial *Long Normal* dan *Short Normal*, sonde arus, sumber arus, elektroda arus, elektrode potensial, kabel, multimeter dan katrol. Alat logging yang digunakan adalah logging yang terdiri dari tiga kombinasi log yaitu: log Self Potensial (SP), Resistivity dan Gamma Ray. Sonde potensial *Long Normal* (LN) maksudnya adalah susunan pengukuran dengan posisi jarak elektroda arus dan elektroda potensial lebih dari 50 cm sampai 250 cm, sedangkan sonde potensial *Short Normal* (SN) adalah susunan pengukuran dengan posisi jarak elektrode arus dan elektroda

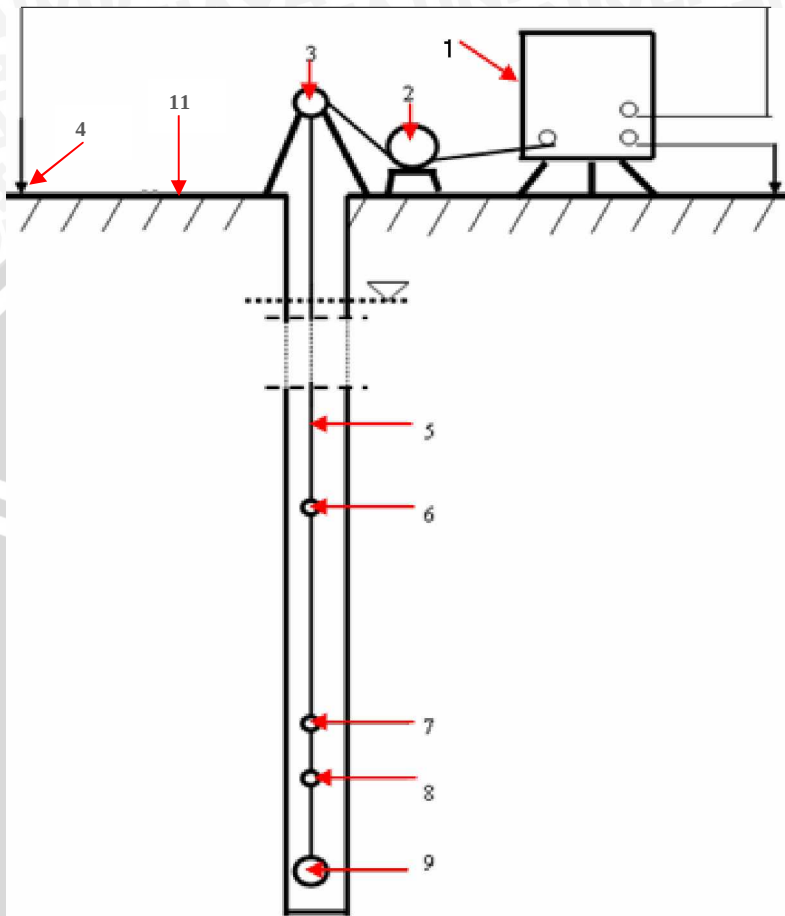
potensial adalah antara 20 cm sampai dengan 50 cm. Sonde adalah penghantar listrik yang terbuat dari logam atau sebagai penerima potensial listrik yang dimasukkan ke dalam lubang sumur dan berfungsi sama dengan elektroda. Sebelum melakukan logging ukur muka air tanah kemudian tentukan titik acuan pengukuran. Rangkailah peralatan logging seperti pada gambar 3.6, turunkan kabel sonde ke dalam lubang sumur kemudian lakukan pengukuran.

3.3.6 Pumping test

Pumping test open hole dilakukan pada tanggal 20 sampai 22 Februari 2008. Alat-alat yang digunakan untuk pumping test adalah sumber tegangan, satu buah ampermeter atau multimeter, 2 buah elektroda (batang besi tembaga), kabel listrik yang diberi ukuran dan meteran. Rangkaian alat untuk melakukan pumping test dapat dilihat pada gambar 3.7. Proses pengukuran dilakukan dengan memasukkan ke dua elektroda ke dalam sumur sampai menyentuh permukaan air tanah di dalam sumur kemudian diukur kedalaman muka air tanah (lihat pada ukuran yang ada dikabel), lakukan pemompaan dengan debit tertentu kemudian ukur lagi muka air tanah, begitu seterusnya sampai diperoleh penurunan muka air yang stabil. Setelah penurunan muka air stabil, debit pemompaan ditingkatkan dan lakukan pengukuran seperti pada debit yang pertama. Untuk mengetahui apakah elektroda menyentuh air atau tidak adalah dengan memperhatikan multimeter, jika elektroda menyentuh air maka jarum pada multimeter akan menyimpang dari posisi nol, pada saat jarum ini menyimpang itu artinya ada aliran arus dari sumber tegangan ke elektroda melewati kabel kemudian mengalir melalui air dan sampai pada elektroda yang dihubungkan dengan multimeter sehingga multimeter membaca ada arus listrik.

3.3.7 Kontruksi sumur bor

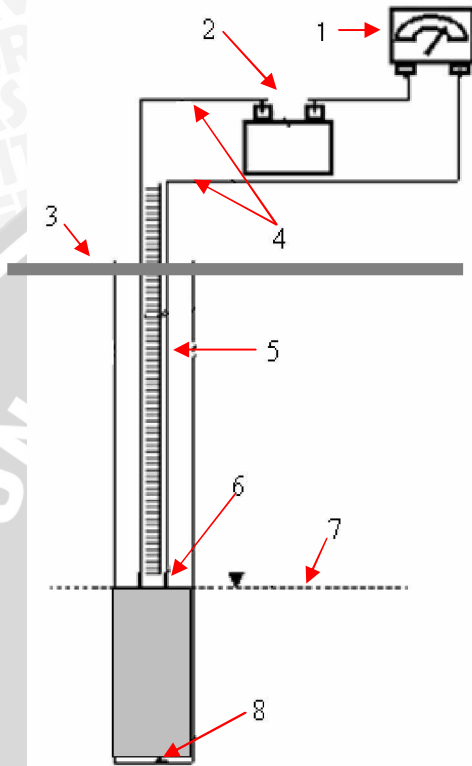
Kontruksi sumur bor dibuat berdasarkan hasil evaluasi pumping test dan interpretasi data logging yang dikorelasi dengan hasil interpretasi data geolistrik.



Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------------------|-----------------------|
| 1. logger | 7. sonde potensial LN |
| 2. gulungan kabel | 8. sonde arus |
| 3. katrol/penyangga kabel | 9. pemberat |
| 4. elektrode potensial atau arus | 10. muka air tanah |
| 5. kabel logger | 11. permukaan tanah |
| 6. sonde potensial LN | |

Gambar 3.6 Rangkaian alat untuk Logging



Keterangan gambar :

1. Multimeter
2. sumber tegangan
3. Permuka tanah sebagai titik acuan pengukuran
4. Kabel terisolasi dalam pita ukur
5. pita ukur
6. Elektroda
7. Muka air tanah
8. Dasar sumur

Gambar 3.7 Rangkaian alat untuk Pumping Test

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisa Geologi Daerah Penelitian

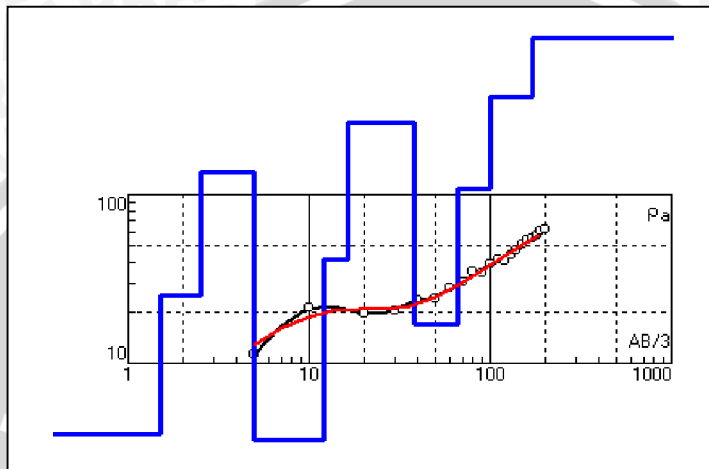
Penelitian untuk mengetahui penyebaran dan posisi lapisan akuifer di dusun Genting desa Merjosari diawali dengan mengamati kondisi geologi dan hidrogeologi daerah tersebut. Daerah Malang merupakan daerah pegunungan dan perbukitan termasuk desa Merjosari. Desa Merjosari merupakan daerah berupa dataran tinggi yang mempunyai ketinggian sekitar 600 m sampai 750 m di atas permukaan air laut (dpl). Dari peta geologi diketahui bahwa lapisan batuanannya didominasi oleh endapan vulkanik. Dari peta hidrogeologi diketahui bahwa lapisan akuifer di daerah penelitian termasuk akuifer produktif tinggi dan sedang dengan keterusan sedang. Posisi muka air permukaan beragam mulai dari dekat permukaan tanah sampai kedalaman lebih dari 20 m yang berada pada batuan tufa pasir dan debit sumur umumnya kurang dari 5 lt/dt.

4.2 Hasil Pengolahan Data Geolistrik Dengan Software Ip2win

Software Ip2win dirancang untuk menggantikan penggunaan *Curva Matching* (cara manual) yang bertujuan untuk mengetahui jumlah lapisan, ketebalan dan kedalaman lapisan serta jenis lapisan batuan (litologi) berdasarkan nilai resistivitasnya. Hasil pengolahan data yang menggunakan metoda *Curve Matching* ini sangat subyektif, setiap orang yang melakukan perhitungan akan memperoleh hasil yang berbeda karena faktor ketelitian setiap orang pada saat mencocokkan kurve lapangan dengan kurve standart berbeda-beda, oleh karena itu orang mulai membuat berbagai program untuk mengolah data geolistrik, salah satunya yaitu software Ip2win. Dengan menggunakan software ini diharapkan hasil pencocokan kurva yang didapatkan lebih teliti sehingga hasil interpretasi yang diperoleh sesuai dengan kondisi yang dilapangan. Hasil pengolahan data geolistrik dengan software Ip2win untuk masing-masing titik pengukuran adalah sebagai berikut:

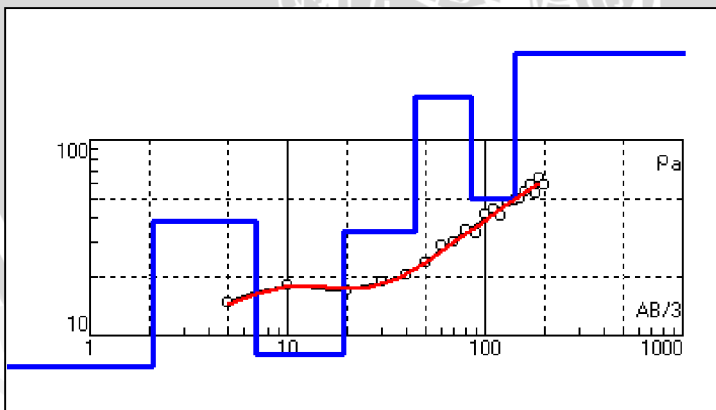
1. Dari pengolahan data yang dilakukan pada titik pengukuran GL-01 diperoleh grafik seperti pada gambar 4.1 dengan error sebesar

5,97%, dari grafik ini diketahui bahwa struktur lapisan batuan bawah permukaan terdiri dari 10 lapisan dengan nilai resistivitas dan ketebalan yang berbeda-beda.



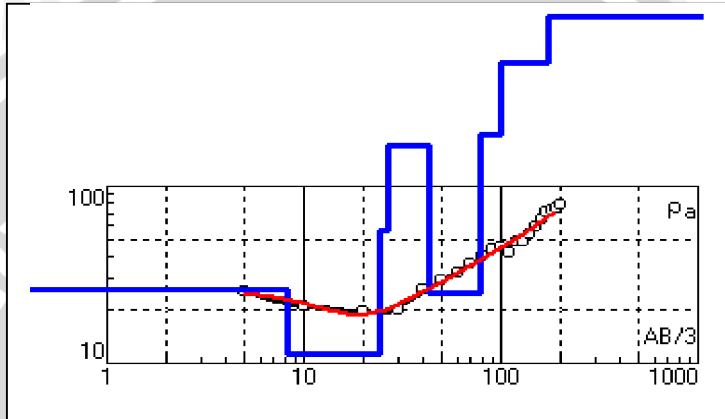
Gambar 4.1 Grafik hasil pengolahan data pada titik GL-01

2. Di titik GL-02 diperoleh grafik seperti pada gambar 4.2 dengan error sebesar 1,57%, dari grafik ini diketahui bahwa struktur lapisan batuan bawah permukaan terdiri dari 7 lapisan dengan nilai resistivitas dan ketebalan yang berbeda-beda.



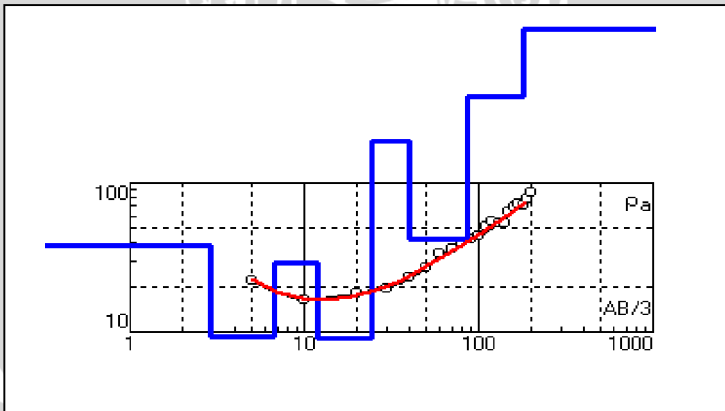
Gambar 4.2 Grafik hasil pengolahan data pada titik GL-02

3. Pada titik GL-03 diperoleh grafik seperti pada gambar 4.3 dengan error sebesar 3,75%, dari grafik ini diketahui bahwa struktur lapisan batuan bawah permukaan terdiri dari 8 lapisan dengan nilai resistivitas dan ketebalan yang berbeda-beda.



Gambar 4.3 Grafik hasil pengolahan data pada titik GL-03

4. Pada titik GL-04 diperoleh grafik seperti pada gambar 4.4 dengan error sebesar 2,17%, dari grafik ini diketahui bahwa struktur lapisan batuan bawah permukaan terdiri dari 8 lapisan dengan nilai resistivitas dan ketebalan yang berbeda-beda.



Gambar 4.4 Grafik hasil pengolahan data pada titik GL-04

Interpretasi Data Geolistrik

Saat melakukan interpretasi data geolistrik perlu berhati-hati pada saat menarik kesimpulan atau menentukan jenis litologi (batuan), karena meskipun nama lapisan batuan sama misalnya batupasir, bisa jadi akan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda untuk setiap lokasi. Umumnya batupasir pada daerah vulkanik mempunyai harga yang sedikit lebih besar dibandingkan di daerah batuan sedimen, karena batupasir pada daerah vulkanik banyak mengandung fragmen. Oleh karena itu saat melakukan interpretasi selain mengacu pada referensi (tabel nilai resistivitas batuan) juga harus dikorelasi dengan litologi geologi regional daerah yang diteliti (peta geologi daerah Malang). Secara umum nilai resistivitas atau hambatan jenis yang tinggi terdapat pada batuan padat tanpa pori-pori dan batuan kering yang berpori sedangkan nilai resistivitas yang sangat rendah terdapat pada lapisan yang memiliki pori-pori yang sangat banyak dengan ukuran yang sangat kecil dan pori-porinya tersebut terisi air tawar atau air asin.

Kurva yang diperoleh dari hasil pengolahan data geolistrik menggambarkan kondisi litologi bawah permukaan. Secara umum jika kurvenya naik itu menunjukkan lapisan batuan yang padat dan bisa juga merupakan lapisan batuan dalam kondisi kering, sedangkan kurva yang cenderung menurun menunjukkan lapisan batuan dalam kondisi basah atau bisa juga lapisan batuan yang mempunyai butiran lebih halus, seperti lempung dan pasir. Dalam pengolahan data geolistrik dengan menggunakan software Ip2win perlu diperhatikan bahwa perselang-selingan lapisan batuan yang tipis (lapisan tipis tersusun secara berurutan) akan memberikan nilai resistivitas yang berbeda dari harga resistivitas yang sebenarnya dari setiap lapisan karena bisa jadi lapisan tersebut terdeteksi sebagai satu lapisan. Selain itu untuk lapisan batuan yang tipis, misalnya dengan ketebalan yang kurang dari 5 meter dan berada di kedalaman 100 meter atau lebih tidak akan terdeteksi, lapisan tersebut akan dianggap sebagai lapisan yang sama dengan lapisan yang diatas atau dibawahnya karena hasil pengolahan data geolistrik digambarkan dalam grafik secara logaritma. Hasil interpretasi data geolistrik pada setiap titik pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1.

Dari hasil interpretasi data geolistrik yang dapat dilihat di tabel 4.1 diketahui bahwa lapisan permukaan di daerah penelitian terdiri

Tabel 4.1 Hasil interpretasi data geolistrik

Titik	Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)	Pendugaan batuan (litologi)
GL - 01	1	0 – 1,5	1,5	3,8	lempung
	2	1,5 – 2,5	1	25,1	tufa
	3	2,5 – 5	5	137	tufa pasir
	4	5 – 12	7	3,5	Lempung
	5	12 – 16,4	4,4	41,4	lempung pasir
	6	16,4 – 38	21,6	264	breksi pasir
	7	38 – 66	28	17	lempung pasir
	8	66 – 101	35	109	tufa pasir
	9	101 – 169	68	426	pasir halus - kasar
	10	169 - tidak terdeteksi	Tidak diketahui	849	pasir dan kerikil
GL - 02	1	0 – 2,1	2,1	7	lempung
	2	2,1 – 7	4,9	38,5	lempung pasir
	3	7 – 19,3	12,3	8	Lempung
	4	19,3 – 44	24,7	34	lempung pasir
	5	44 – 85	41	165	breksi pasir
	6	85 – 140	55	50	tufa pasir
	7	140 – tidak terdeteksi	Tidak diketahui	279	pasir halus-kasar

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lanjutan tabel 4.1 Hasil interpretasi data geolistrik (lanjutan)

Titik	Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)	Pendugaan batuan (litologi)
GL - 03	1	0 – 8,2	8,2	26	tufa
	2	8,2– 24,2	16	11,2	lempung
	3	24,2 – 26,7	2,5	56	tufa
	4	26,7– 43,3	16,6	168	breksi pasir
	5	43,3 – 79	36,7	24,6	tufa
	6	79 – 99	20	194	breksi pasir
	7	99 – 173	74	498	pasir halus-kasar
	8	173 – tidak terdeteksi	Tidak diketahui	899	pasir dan kerikil
GL - 04	1	0 – 2,9	2,9	37,9	tufa
	2	2,9 – 6,7	3,8	9,3	lempung
	3	6,7 – 12	5,3	29	tufa
	4	12– 24,3	12,3	9	lempung
	5	24,3 – 40,2	15,9	191	breksi pasir
	6	40,2 – 87,2	47	42,1	tufa
	7	87,2– 179	92	383	pasir halus-kasar
	8	179 – tidak terdeteksi	Tidak diketahui	1090	kelompok andesit

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



dari lapisan tufa dan lempung. Lapisan akuifer tersebar merata di daerah penelitian dengan ketebalan dan kedalaman yang berbeda, akuifer air permukaan diperkirakan terdiri dari breksi pasiran yang berada di kedalaman sekitar 15 m sampai 40 m lebih, sedangkan akuifer air bawah tanah diperkirakan mulai dari kedalaman 70 m sampai 200 m lebih yang terdiri dari beberapa jenis lapisan yaitu: lapisan breksi pasiran, pasir halus sampai kasar dan kerikil yang mempunyai nilai resistivitas sekitar 200 Ω m sampai 1000 Ω m. Lapisan akuifer air bawah tanah di daerah penelitian termasuk tipe akuifer terkekang karena bagian atas akuifer rata-rata dibatasi oleh tufa dan tufa pasiran sedangkan bagian bawahnya diperkirakan dibatasi oleh lapisan kelompok andesit seperti yang terlihat pada titik pengukuran GL-04.

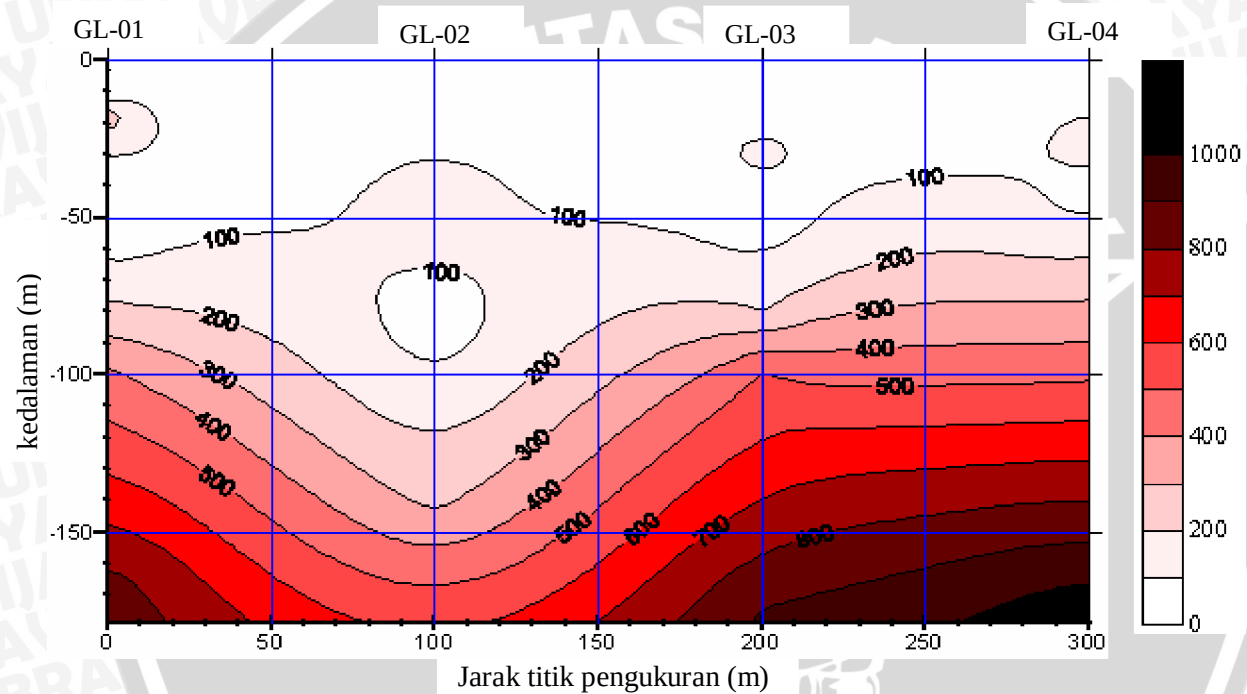
4.4 Penentuan Lokasi Pemboran

Lokasi pemboran ditentukan berdasarkan penyebaran lapisan akuifer yang diketahui dari hasil interpretasi data geolistrik dan memperhatikan kondisi topografi daerah setempat. Pada umumnya tipe akuifer yang dicari pada penyelidikan air tanah untuk tujuan eksploitasi adalah akuifer terkekang (*confined aquifer*) yaitu akuifer yang dibatasi oleh lapisan batuan kedap air pada bagian bawah dan bagian atasnya sehingga lapisan akuifer tersebut tidak mudah tercemar ketika terjadi pencemaran dipermukaan serta memiliki tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer sehingga airnya akan mudah keluar jika dilakukan pemompaan. Selain itu akuifer terkekang biasanya mempunyai sumber pengisian kembali (*recharge*) yang relatif jauh, sehingga ketersediaan air tanah di dalam akuifer tersebut tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca setempat.

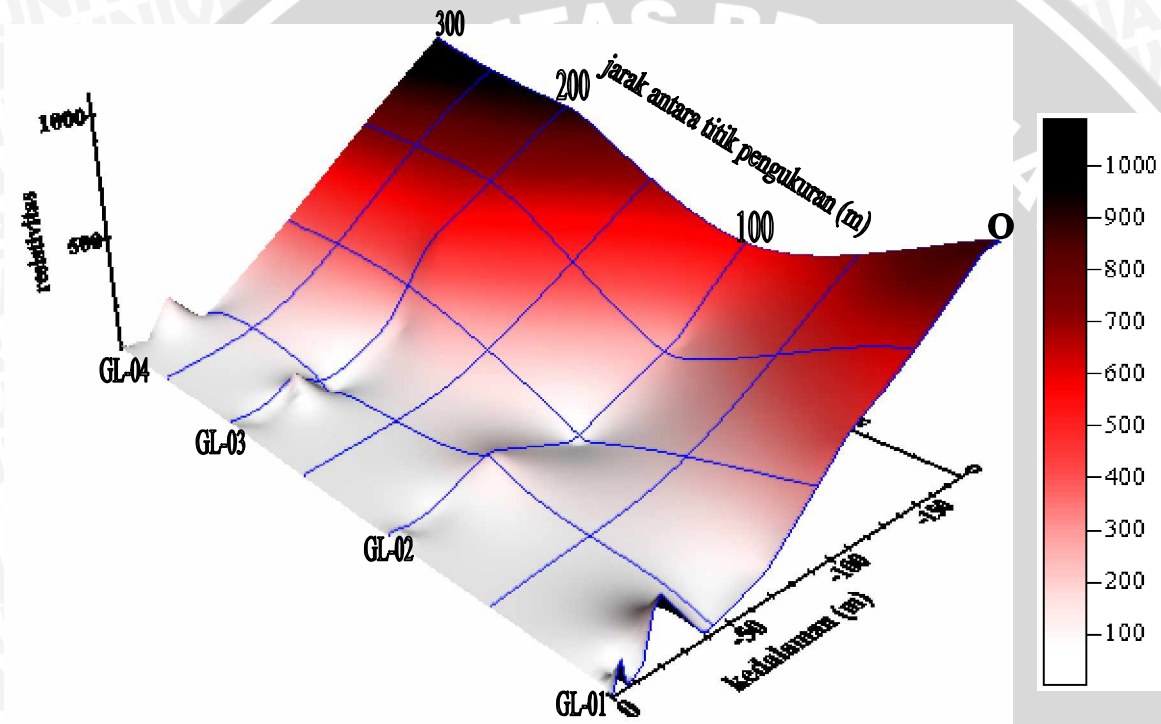
Lokasi pemboran ditetapkan di daerah yang diperkirakan memiliki potensi air tanah yang besar. Potensi air tanah yang besar biasanya terdapat pada daerah yang memiliki lapisan akuifer yang tebal dan baik. Lapisan yang dapat berfungsi sebagai lapisan akuifer yang baik adalah lapisan yang memiliki pori-pori yang banyak, ukuran pori-poriya besar dan pori-pori tersebut saling berhubungan sehingga dapat dilewati oleh fluida atau air dengan mudah (permeabilitasnya besar), selain itu bagian bawah dan atas lapisan tersebut dibatasi oleh lapisan yang kedap air.

Untuk mempermudah melihat struktur lapisan batuan dan penyebaran lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer maka hasil pengolahan data geolistrik dari ke-empat titik pengukuran dibuat kontur resistivitas sehingga diperoleh bentuk struktur lapisan bawah permukaan dalam bentuk peta kontur resistivitas 2D (2 dimensi). Peta kontur resistivitas 2D daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6.

Dari kontur resistivitas yang dibuat (gambar 4.5 dan 4.6) dapat dilihat bahwa batuan yang berfungsi sebagai lapisan akuifer air bawah tanah tersebar merata di lokasi penelitian dengan kedalaman dan ketebalan yang berbeda. Dari hasil interpretasi geolistrik, di titik pengukuran GL-01 diperkirakan bahwa lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer air bawah tanah terdiri dari pasir halus sampai kasar dan kerikil dengan ketebalan 99 meter yang berada di kedalaman 101 meter sampai 200 meter, di titik GL-02 diperkirakan lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer air bawah tanah terdiri dari pasir halus sampai kasar yang berada di kedalaman 140 m sampai kedalaman yang tidak terdeteksi sehingga ketebalannya tidak diketahui, di titik GL-03 lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer air bawah tanah diperkirakan terdiri dari breksi pasiran, pasir halus sampai kasar dan kerikil dengan ketebalan lebih dari 120 meter yang berada di kedalaman 79 meter sampai 200 meter lebih, di titik GL-04 diperkirakan lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer air bawah tanah terdiri dari pasir halus sampai kasar dengan ketebalan 92 meter yang berada di kedalaman sekitar 87 meter sampai 179 meter dan lapisan setelahnya adalah lapisan kelompok andesit yang merupakan batuan keras dan tidak berpori-pori sehingga tidak mungkin mengandung air. Dari hasil interpretasi ini maka titik GL-03 ditetapkan sebagai lokasi pemboran karena memiliki lapisan akuifer paling tebal sehingga diperkirakan memiliki potensi air tanah paling besar. Selain itu posisi lapisan akuifer di titik GL-03 tidak terlalu dalam dibandingkan di titik yang lain dan sifat akuifer adalah terkekang dengan bagian atasnya dibatasi oleh lapisan tufa dan bagian bawah diperkirakan dibatasi oleh lapisan kelompok andesit. Posisi pemboran berada di ketinggian 708 m dari permukaan laut.



Gambar. 4.5 Peta kontur resistivitas batuan



Gambar 4.6 Peta Kontur resistivitas batuan

4.5 Pemboran Dan Analisis Sampel Batuan (*Shieving Analysis*)

Peralatan yang akan digunakan untuk pemboran harus sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan yang akan dibor, oleh karena itu sebelum melakukan pemboran harus diperhatikan struktur lapisan batuan yang diperoleh dari hasil interpretasi data geolistrik. Alat yang digunakan untuk mengebor adalah mesin bor yang digerakkan diesel dengan mata bor trikon bit karena struktur lapisan batuan yang akan dibor berdasarkan interpretasi data geolistrik diperkirakan terdiri dari lempung, tufa, breksi, pasir dan kerikil, tidak ada batuan yang terlalu keras. Mesin bor disambung dengan pipa tabung yang panjangnya tergantung pada kedalam lubang yang akan dibor, berfungsi untuk memasukkan lumpur ke dalam lubang bor saat pemboran berlangsung. Lumpur dipompa kedalam lubang sehingga akan mendorong material atau lapisan batuan yang sudah dibor dan lumpur ini akan kembali ke permukaan bersama batuan tersebut. Pemompaan lumpur tidak boleh berhenti selama proses pemboran berlangsung karena selain membawa material pemboran lumpur ini juga berfungsi untuk melumasi serta mendinginkan mata bor, mengontrol tekanan formasi dan menjaga dinding lubang bor yang belum dicassing agar tidak runtuh.

Pemboran pertamakali dilakukan dengan mata bor berdiameter 8". Di kedalaman 78 m mata bor terjepit sehingga pengeboran tidak bisa dilanjutkan dan mata bor yang terjepit itu harus diambil atau diangkat ke permukaan, tetapi mata bor tersebut tidak bisa digerakkan sehingga tidak bisa langsung ditarik. Untuk mengambil mata bor yang terjepit ini maka dilakukan pemboran samping agar ruang tempat mata bor yang terjepit lebih luas sehingga mata bor yang terjepit bisa digerakkan dan bisa ditarik. Pemboran samping dilakukan dengan mata bor berdiameter 6" tepat disamping lubang pemboran yang pertama sampai pada kedalaman tempat mata bor terjepit. Setelah mata bor yang terjepit dapat diambil, pengeboran diulangi dari permukaan tanah pada lubang yang telah dibor pertama, karena disampingnya ada lubang maka pengeboran dilakukan dengan mata bor berdiameter 12" sampai kedalaman 80 meter, setelah itu pengeboran dilanjutkan dengan mata bor berdiameter 8" sampai kedalaman 210 m.

Dari data harian pemboran (lampiran 5) dapat diketahui sifat kekerasan batuan berdasarkan kecepatan pemboran atau waktu rata-

rata yang dibutuhkan mata bor untuk menembus batuan (dalam menit/cm). Semakin keras suatu batuan maka waktu yang dibutuhkan untuk menembusnya semakin lama. Dari data harian pemboran diketahui bahwa mulai kedalaman 0 m sampai 75 m sifat batumannya paling lunak, dari kedalaman 75 m sampai 85 m ditemukan batuan yang agak keras, batuan yang paling keras di temukan pada kedalaman 85 m sampai 100 m dan setelah kedalaman 100 m sifat batuan yang ditemukan semakin lunak.

Dari pemboran juga diperoleh data sampel batuan pemboran yang berupa serbuk (*cutting*). Dengan melakukan *shieving analysis* batuan pemboran dapat diperkirakan struktur lapisan batuan disekeliling lubang sumur. Hasil *shieving analysis* batuan pemboran dapat dilihat pada tabel 4.2. Hasil *shieving analysis* dapat digunakan sebagai data pembanding dan penunjang pada saat melakukan interpretasi data logging karena keduanya diambil pada tempat yang sama.

Tabel 4.2 Hasil *shieving analysis* batuan pemboran (*Cutting*)

Lapisan	Kedalaman (m)	Jenis batuan (litologi)
1	0 – 12	Tufa, lempung (kuning coklat)
2	12 – 30	Tufa dan sedikit pasir halus
3	30 – 45	Breksi pasiran
4	45 – 58	Pasir halus-kasar
5	58 – 66	Pasir tufaan (hitam keabu-abuan)
6	66 – 70	Breksi pasiran
7	70 – 110	Breksi dan pasir kasar
8	110 – 150	Pasir halus-kasar
9	150 – 160	Tufa pasiran
10	160 – 210	Pasir halus-kasar dan sedikit kerikil

Hasil *shieving analysis* batuan pemboran tidak bisa dikatakan sebagai data yang paling akurat untuk menentukan struktur lapisan disekitar lubang sumur, walaupun pengamatan sampel batuan ini dilakukan secara langsung dengan mengamati bentuk, ukuran dan tekstur batuan, terutama untuk sampel batuan yang berasal dari kedalaman yang dalam. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu: *pertama* karena sampel batuan tersebut harus menempuh jarak dari

kedalaman sampai ke permukaan sedangkan dalam waktu yang sama matabor tetap bergerak menembus batuan yang lebih dalam lagi, oleh karena itu kedalaman yang diwakili oleh contoh sampel batuan tersebut harus dikoreksi dengan data kecepatan pemboran, *kedua* karena dalam perjalanannya ke permukaan sampel batuan sering tercampur dengan sampel batuan dari kedalaman yang ada di atasnya sehingga kadang-kadang ditemukan lebih dari dua jenis litologi yang berasal dari kedalaman yang berbeda, dan *ketiga* karena sampel batuan yang diperoleh dari pemboran ini merupakan serbuk atau hancuran dari batuan, sehingga hanya deskripsi tekstur dan susunan mineral yang dapat diamati sedangkan gejala-gejala geologi seperti struktur dan kekompakan batuan tidak dapat teramati dengan jelas.

4.6 Interpretasi Data Logging

Alat logging yang digunakan adalah logging yang terdiri dari tiga kombinasi log yaitu: log Self Potensial (SP), Resistivity dan Gamma Ray, tetapi log Gamma Ray tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga data log Gamma Ray tidak ikut diinterpretasi. Data log SP menunjukkan porositas lapisan, jika grafik log SP bergerak ke kiri (negatif) menunjukkan porositas lapisan tersebut lebih besar dibandingkan lapisan di atasnya dan sebaliknya jika grafik SP bergerak ke kanan (positif) menunjukkan bahwa porositas lapisan tersebut lebih kecil dibandingkan lapisan di atasnya. Sedangkan log resistivitas menunjukkan jenis batuan (litologi) dan kekerasannya berdasarkan nilai resistivitasnya.

Iterpretasi data logging memerlukan analisis yang cermat, secara umum tahanan jenis batuan dipengaruhi oleh porositas dan kandungan fluida atau air di dalam pori-porinya selain itu kandungan garam di alam air yang mengisi pori-pori tersebut juga akan mempengaruhi nilai resistivitas. Batuan yang memiliki porositas yang banyak akan memiliki nilai resistivitas yang lebih kecil dibandingkan batuan yang tidak berpori-pori dan nilai resistivitas akan berkurang dengan bertambahnya kandungan air didalam pori-pori batuan. Pada saat menginterpretasi data logging selain mengacu pada teori (tabel nilai resistivitas) juga harus dicocokkan dengan hasil *shieving analysis* batuan pemboran karena kedua data tersebut diambil pada tempat yang sama. Hasil interpretasi data logging dapat dilihat pada tabel 4.3. Pengambilan data logging dilakukan mulai dari

kedalaman 10 m sampai 200 m karena lapisan yang paling atas sudah jelas terlihat, data logging dapat dilihat pada lampiran 6.

Tabel 4.3 Hasil interpretasi data logging

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas ($\Omega.m$)	Litologi
1	10 – 30	20 – 50	Tufa
2	30 – 58	50 – 200	Breksi pasir
3	58 – 66	20 – 100	Tufa pasir
4	66 – 95	100 – 420	Breksi dan pasir kasar
5	95 – 103	250 – 600	Pasir dan kerikil
6	103 – 150	100 – 250	pasir halus-kasar
7	150 – 160	50 – 100	Tufa pasir
8	160 – 200	100 – 400	Pasir halus-kasar dan kerikil

Dari hasil *shieveing analysis* batuan pemboran diketahui bahwa pada kedalaman 30 m terdapat lapisan poros yang dapat berfungsi sebagai akuifer yaitu lapisan breksi pasir tetapi dari hasil logging diketahui bahwa lapisan tersebut tidak mengandung air. Dari hasil logging diketahui bahwa lapisan akuifer di lubang sumur dimulai dari kedalaman 95 m sampai 200 m, tetapi tidak semua lapisan yang berada di kedalaman 95 m sampai 200 m merupakan lapisan akuifer walaupun termasuk lapisan yang poros, untuk lebih jelasnya posisi lapisan akuifer yang diketahui dari hasil logging dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Posisi lapisan akuifer berdasarkan interpretasi data logging

No	Kedalaman (m)	Litologi
1	95 – 150	Pasir halus-kasar
2	160 – 200	Pasir halus-kasar dan kerikil

4.7 Korelasi Hasil Interpretasi Geolistrik dan Logging

Untuk mengetahui atau memperkirakan struktur batuan disekitar lubang sumur maka hasil interpretasi logging harus dikorelasi dengan

hasil interpretasi data geolistrik (titik duga GL-03). Korelasi hasil interpretasi data geolistrik dan data logging dapat dilihat pada tabel 4.5. Dari tabel 4.5 diketahui bahwa hasil interpretasi data geolistrik berbeda dengan hasil interpretasi data logging padahal jarak antara titik pengukuran GL-03 dengan tempat logging sekitar 10 meter. Perbedaan hasil interpretasi ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain yaitu: error pada alat yang digunakan untuk mengambil data baik data geolistrik maupun data logging, kesalahan pada saat pengolahan data geolistrik dan kesalahan pada saat menginterpretasi data terutama pada saat menginterpretasi data geolistrik.

Kesalahan pada pengolahan data dengan software Ip2win sering terjadi jika ada lapisan batuan yang tipis, lapisan batuan yang tipis ini bisa jadi terdeteksi sebagai lapisan yang sama dengan lapisan yang diatas atau dibawahnya sehingga dianggap sebagai satu lapisan. Selain itu jika ada lapisan tipis yang terdiri dari beberapa lapisan dan posisinya berurutan, kemungkinan besar yang terjadi adalah lapisan tersebut akan terdeteksi sebagai satu lapisan sehingga nilai resistivitas yang diperoleh merupakan nilai resistivitas beberapa lapisan. Hal ini sering terjadi pada lapisan batuan yang berada pada posisi yang dalam karena hasil pengolahan data geolistrik digambarkan dalam grafik secara logaritma, sedangkan pada data logging, lapisan yang tipis akan tetap terlihat walaupun berada pada posisi yang sangat dalam karena logging yang dilakukan akan merekam kondisi fisik dari setiap lapisan batuan yang dilewatinya sehingga diketahui nilai resistivitas setiap lapisan secara pasti. Oleh karena itu hasil interpretasi data geolistrik lebih akurat untuk menentukan posisi dan ketebalan lapisan akuifer. Kesalahan pada saat menginterpretasikan data logging tetap bisa terjadi walaupun diketahui nilai resistivitas batuan secara pasti dari setiap lapisan karena nilai resistivitas di refrensi yang digunakan sebagai acuan untuk interprensi dalam bentuk ringe, oleh karena itu pada saat melakukan interpretasi data logging selain mengacu pada refrensi (tabel nilai resistivitas batuan) juga harus dicocokkan dengan hasil *shieving analysis* batuan pemboran dan idealnya hasil interpretasi logging sama dengan hasil *shieving analysis* batuan pemboran karena kedua data tersebut diambil dari lubang bor yang sama.

Tabel 4.5 Korelasi hasil interpretasi data geolistrik dengan logging.

Geolistrik (titik GL-03)				Logging			
N	Kedalaman (m)	R (Ω .m)	Litologi	N	Kedalaman (m)	R (Ω .m)	Litologi
1	0 – 8,2	26	tufa	1	10 – 30	20 – 50	tufa
2	8,2 – 24,2	11,2	lempung	2	30 – 58	50 – 200	breksi pasir
3	24,2 – 26,7	56	tufa	3	58 – 66	20 – 100	tufa pasir
4	26,7 – 43,3	168	breksi	4	66 – 95	100 – 420	breksi dan pasir kasar
5	43,3 – 79	24,6	tufa	5	95 – 103	300 – 600	pasir dan kerikil
6	79 – 99	194	breksi pasir	6	103 – 150	100 – 250	pasir halus-kasar
7	99 – 173	498	Pasir halus-kasar	7	150 – 160	50 – 100	Tufa pasir
8	173 – tidak terdeteksi	899	pasir dan kerikil	8	160 – 200	100 – 400	pasir halus-kasar dan kerikil

Dari tabel 4.5 diketahui bahwa hasil interpretasi data geolistrik berbeda dengan hasil interpretasi logging yang dilakukan pada tempat yang sama, yang paling berbeda adalah ketebalan dan kedalamannya sedangkan perkiraan jenis litologinya hampir sama, misalnya seperti pada lapisan pertama, kedua hasil interpretasi menunjukkan jenis lapisan yang sama yaitu lapisan tufa dan lempung tetapi ketebalannya berbeda, dari hasil interpretasi geolistrik ketebalannya 26,7 m sedangkan dari hasil logging ketebalannya 30 m. Selain itu ada dua lapisan tipis di kedalaman yang cukup dalam tidak terdeteksi oleh geolistrik yaitu: lapisan pasir dan kerikil dengan ketebalan 8 m mulai dari kedalaman 95 m sampai 103 m dan lapisan tufa pasir dengan ketebalan 10 m di kedalaman 150 m sampai 160 m, dari hasil logging diketahui bahwa kedua lapisan tipis tersebut dipisahkan oleh lapisan yang tebal yaitu lapisan pasir halus–kasar dengan ketebalan 47 m, pada pengolahan dan interpretasi geolistrik ketiga lapisan tersebut mungkin terdeteksi sebagai sebagai satu lapisan yaitu lapisan pasir halus-kasar dengan ketebalan 74 m yang dimulai dari kedalaman 99 m sampai 174 m. Lapisan terakhir yang diperoleh dari interpretasi geolistrik adalah campuran pasir dan kerikil mulai dari kedalaman 174 m sampai kedalaman yang tidak diketahui sedangkan dari hasil logging lapisan terakhir adalah pasir halus-kasar dan kerikil yang dimulai dari kedalaman 161 m sampai 200 m karena pengukuran logging hanya dilakukan sampai kedalaman 200 m, tetapi dari sampel batuan pendoran, lapisan tersebut diperkirakan sampai kedalaman lebih dari 200 m.

4.8 Evaluasi Pumping

Dari hasil logging dapat diketahui posisi-posisi lapisan akuifer tetapi tidak dapat diketahui berapa besar kapasitas akuifer sehingga tidak bisa ditentukan debit maksimum atau debit yang aman untuk dieksploitasi. Jika debit air yang dieksploitasi lebih besar dari kapasitas debit (Q_s) akuifer, maka secara bertahap besarnya air yang keluar dari akuifer akan semakin kecil dan bisa jadi lama kelamaan akan bercampur lumpur akibat pergerakan atau arus air dalam akuifer yang terlalu keras. Untuk mengetahui debit maksimum maka harus dilakukan pumping test atau uji surut muka air tanah. Pumping test terdiri dari dua tahap yaitu *pumping test open hole* yang dilakukan sebelum sumur dikonstruksi dan *pumping step test* yang dilakukan

setelah sumur dikonstruksi. Tujuan dari pumping test open hole adalah untuk penentuan panjang pipa jambang yang akan dipasang dan memperkirakan debit yang aman untuk dieksploitasi atau sebagai pembandingan hasil pumping step test.

Data yang diambil pada saat pumping test terdiri dari waktu pemompaan, SWL (*standing water level*) merupakan kedalaman muka air sumur pada saat sumur tidak dipompa yang diukur dari permukaan tanah setempat dalam meter, DWL (*Dynamic water level*) merupakan kedalaman muka air sumur pada saat sumur dipompa dengan debit konstan yang diukur dari permukaan tanah setempat dalam meter, tinggi skala orifice (H) merupakan tinggi permukaan air pada bak vinot yang berasal dari pemompaan sumur dalam centimeter, draw-down dalam meter dan debit (Q) merupakan banyaknya air yang dipompa tiap detik, debit ini dapat dilihat pada tabel Thomson (lampiran 8) sesuai dengan tinggi permukaan air pada skala orifice dalam liter/detik. Contoh data pumping test open hole dapat dilihat pada tabel 4.6 dan data pumping test open hole yang lengkap dapat dilihat pada lampiran 7. Pengukuran SWL ada dua tahap yakni sebelum pemompaan dan setelah pemompaan (SWL recovery). Posisi DWL tergantung dari debit pemompaan, semakin besar debit pemompaan maka posisi DWL akan semakin dalam. Pada saat melakukan pumping test debit pemompaan ditingkatkan secara bertahap dan pemompaan dilakukan sampai diperoleh permukaan air yang stabil. Jadi posisi DWL selalu bergerak turun, mula-mula cepat kemudian lambat, sangat lambat dan bahkan bisa berhenti turun pada kedudukan tertentu, ini artinya debit air yang keluar dari akuifer sudah stabil. Draw-down merupakan jarak antara kedudukan air dengan DWL selama pemompaan atau hasil pengurangan DWL dengan SWL recovery. Selama pemompaan berlangsung kapasitas debit akuifer (Q_s) yang keluar adalah besar pemompaan persatuan penurunan permukaan air (*draw-down*) atau dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_s = Q_{\text{pompaan}} / \text{draw-down} \quad (4.1)$$

Hasil evaluasi pumping test open hole ini digunakan untuk menentukan panjang pipa jambang dengan cara menghitung posisi TKA (tingkat kedalaman air) pada saat dilakukan pemompaan dengan debit tertentu. Posisi TKA ini dihitung dengan persamaan:

Tabel 4.6 Contoh data pumping test open hole

Waktu	Waktu pemompaan	Waktu kambuh	Pumping level		Tinggi skala orifice	Draw down	Debet	Keterangan
Time	Time since pumping	Time since recovery	SWL (m)	DWL (m)	H (m)	DD (m)	Discharge (lt/dt)	
06.00	1			50,80				
06.10	10			85,53	6,3		1,38	
	44			88,15	6,1		1,28	
	74			88,30	6,1		1,28	air coklat
	76			88,25	6,0		1,23	air coklat
09.00	180			88,38	6,0		1,23	air coklat
	181			87,70	4,3		0,53	air coklat
12.30	390			85,45	4,3		0,53	air coklat
14.40	520			86,45	5,0		0,78	air coklat
	522			86,93	5,6		1,03	air agak coklat
	790			88,79	6,1		1,28	air agak coklat
19.10		0	87,70					
		1	86,76					
19.20		10	82,53					
		12	81,80					

$$TKA = Q_{\text{pompaan}}/Q_{\text{aman}} + \text{SWL recovery} \quad (4.2)$$

Q_s aman diperoleh dengan menghitung Q_s rata-rata kemudian dikalikan dengan 90%.

$$Q_s \text{ aman} = Q_s \text{ rata-rata} \times 90\% \quad (4.3)$$

Dari pumping test open hole yang dilakukan diperoleh SWL sebelum pemompaan 50,80 m dan SWL setelah pemompaan 81,80 m pada menit ke-12. Dari hasil evaluasi pumping test open hole yang dapat dilihat pada tabel 4.7, maka besar Q_s rata-rata adalah 0,17 lt/dt dan Q_s aman sebesar 0,15 lt/dt. Posisi TKA sesuai dengan debit pemompaan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.7 Hasil evaluasi *pumping test open hole*

No	Debit Pemompaan (lt/dt)	DWL (m)	Draw Down (m)	Q_s (lt/dt)	Waktu (menit ke-)
1	1,23	88,38	6,58	0,19	180
2	0,53	85,45	3,65	0,14	716
3	0,78	86,45	4,65	0,17	520
4	1,03	88,20	6,40	0,16	716
5	1,28	88,79	6,99	0,18	790

Tabel 4.8 Posisi TKA sesuai dengan debit pemompaan

No	Debit (lt/dt)	TKA (tingkat kedalaman air) (m)
1	1	88,47
2	2	95,13
3	3	101,80
4	4	108,47
5	5	115,13

4.9 Pembuatan Kontruksi Sumur Bor

Pembuatan konstruksi sumur bor harus sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan agar sumur dapat memproduksi air secara

maksimal sesuai dengan kapasitas akuifer. Jika pembuatan konstruksi sumur tidak sesuai dengan kondisi geologi maka bisa jadi debit air yang keluar dari akuifer dan masuk ke sumur akan berkurang dan bahkan bisa jadi tidak keluar air lagi atau umur sumur bor cepat kering walaupun lapisan akuifer disekitar sumur masih mengandung air.

4.9.1 Penentuan panjang pipa jambangan

Pemasangan pipa jambangan dimulai dari permukaan tanah atau mulut sumur sampai kedalaman yang ditentukan sesuai dengan hasil evaluasi *pumping test open hole* dan aturan pemasangan pipa jambang. Aturan pemasangan pipa jambang untuk keamana yaitu pemasangan pipa jambang mulai dari mulut sumur sampai posisi TKA pada saat dilakukan pemompaan dengan debit dua kali lipat dari perkiraan debit yang akan dieksploitasi.

Dari hasil evaluasi *pumping tes open hole* yang dapat dilihat pada tabel 4.8. Jika dilakukan pemompaan dengan debit sebesar 1 lt/dt sampai 2 lt/dt posisi TKA turun sampai kedalaman 95,13 meter, sama dengan posisi lapisan akuifer. Jika pemompaan debit air sebesar 3 lt/dt sampai 4 lt/dt posisi TKA turun sampai kedalaman 108,47 meter. Melihat besarnya penurunan TKA jika dilakukan pemompaan sebesar 1 lt/dt atau 2 lt/dt maka perkiraan debit maksimum yang bisa dieksploitasi adalah 1 lt/dt sampai 2 lt/dt sehingga pipa jambang dipasang sampai kedalaman 108,47 meter atau 108,5 meter.

4.9.2 Penentuan posisi pemasangan saringan

Posisi pemasangan saringan disesuaikan dengan posisi lapisan akuifer. Saringan dipasang pada lapisan yang dianggap sebagai lapisan akuifer yang baik untuk menyaring air yang akan masuk ke sumur bor, sedangkan lapisan yang bukan lapisan akuifer ditutup begitupula dengan lapisan akuifer yang tidak terlalu baik. Air yang keluar dari akuifer yang tidak terlalu baik diperkirakan akan tetap bisa masuk ke lubang sumur karena air tersebut akan selalu mengalir ke tempat yang memiliki tekanan lebih rendah atau berdasarkan hukum grafitasi maka air tersebut akan mengalir kebawah sampai pipa saringan yang ada dibawahnya kemudian air tersebut akan

masuk ke lubang sumur melalui saringan tersebut. Berdasarkan hasil logging diketahui bahwa lapisan akuifer pertama dimulai dari kedalaman 95 meter sampai 150 meter tetapi saringan dipasang mulai kedalaman 120 meter sampai 148 meter karena sampai kedalaman 108,5 meter dipasang pipa jambangan dan akuifer yang berada pada kedalaman 95 m sampai 120 tidak terlalu baik. Akuifer yang kedua berada pada kedalaman 160 meter sampai 200 meter tetapi saringan dipasang mulai dari 165 meter sampai 198 meter.

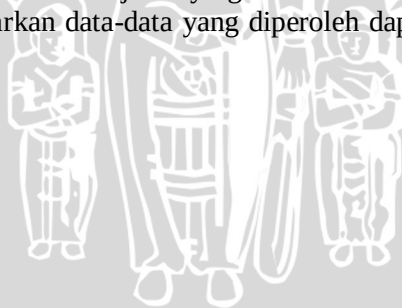
4.9.3 Pemasangan konstruksi sumur

Secara umum bahan konstruksi sumur bor air tanah terdiri dari pasir, kerikil, semen, pipa pelindung dan pipa saringan. Pasir yang digunakan untuk pengisian kerikil dan konstruksi lantai beton blok harus dipilih jenis pasir yang berkualitas baik yaitu pasir yang tidak lapuk, berbutir kasar dan butirnya seragam. Kerikil yang digunakan untuk isian harus dipilih yang fragmen batumannya masih segar, bentuk butir bulat dan permukaannya halus. Pipa pelindung yang digunakan harus tahan terhadap gaya-gaya dari luar dan tahan terhadap korosi, oleh karena itu pipa pelindung yang digunakan harus terbuat dari pipa baja berlapis seng dan pipa baja karbon atau menggunakan pipa polivinyl chloride (PVC).

Konstruksi sumur bor air tanah terdiri dari pipa jambang, pipa saringan, pipa sounding, pembalut kerikil dan penyekat semen. Pipa jambang merupakan susunan pipa dengan diameter tertentu yang dipasang mulai dari permukaan tanah sampai kedalaman tertentu sesuai dengan hasil evaluasi pumping test open hole, fungsinya untuk menampung air tanah dan pemasangan pompa. Pipa saringan merupakan pipa yang berlubang-lubang pada dindingnya dengan diameter tertentu yang ditentukan berdasarkan besar butir batuan penyusun lapisan akuifer dan memungkinkan masuknya air, fungsinya untuk menyaring air dari akuifer yang akan masuk ke lubang sumur. Pipa sounding berfungsi sebagai sarana untuk membersihkan dan mengontrol kondisi sumur. Pembalut kerikil merupakan kerikil yang dimasukkan ke dalam ruang antara dinding lubang bor dengan saringan mulai dari dasar lubang sumur sampai pada kedalaman tertentu didekat permukaan tanah, fungsinya untuk menjaga kemampuan saringan dalam meloloskan air sehingga diharapkan debit air yang masuk ke sumur dapat konstan dan untuk

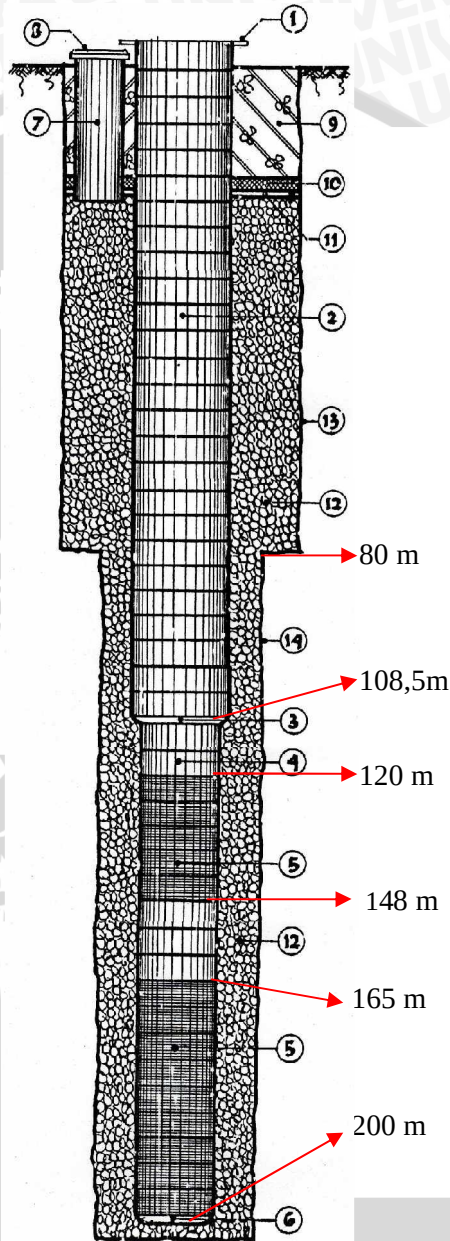
menahan butiran batuan lepas yang ikut bersama aliran air dari akuifer. Penyekat semen merupakan bahan cor yang terbuat dari campuran semen, pasir dan kerikil, diinjeksikan ke dalam ruang antara dinding lubang bor dengan pipa jambang mulai dari permukaan tanah sampai kedalaman tertentu sesuai dengan batas lapisan lapuk yang dipermukaan berfungsi untuk mencegah air permukaan langsung meresap kedalam sumur atau untuk mencegah tercemarnya air sumur.

Proses pemasangan konstruksi sumur bor adalah: pipa pelindung atau pipa jambang yang dihubungkan dengan pipa saringan dimasukkan ke dalam lubang sumur, ruang antara keliling lubang dengan pipa pelindung diisi dengan kerikil atau gravel dari dasar sumur sampai lapisan permukaan, kemudian dipasang pipa sounding yang panjangnya dari permukaan sampai posisi kerikil, diatas pembalut kerikil diberikan urukan pasir setebal 1 meter, diatas urukan pasir diinjeksikan penyekat semen (pengecoran) yang terbuat dari campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1 kg semen : 1 kg pasir dan di atas penyekat semen ini diinjeksikan lagi penyekat semen yang lain sampai permukaan tanah yang terbuat dari campuran semen, pasir dan kerikil dengan perbandingan 1 kg semen : 2 kg pasir : 3 kg kerikil. Penyekat semen ini berfungsi untuk menghindari pencemaran sumur atau masuknya air secara langsung dari permukaan. Untuk lebih jelasnya gambar konstruksi sumur bor yang dibuat berdasarkan data-data yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.7.



Keterangan gambar

1. Flange las Ø5" + pipa GI.Ø5".
2. Pipa jambangan PVC-AW wavin Ø5".
3. Reduser PVC-TS Ø5" x Ø4".
4. Pipa buta PVC-AW wavin Ø4".
5. Pipa saringan/screen PVC-AW wavin Ø4" dilubangi Ø4 mm jarak rapat.
6. Dop PVC-DV Ø4".
7. Pipa sounding gravel pack, PVC-AW wavin Ø 2,5" (0-24 meter).
8. Sock drat luar PVC Ø2,5" + dop besi Ø2,5".
9. Cor 1 : 2 : 3 (0-20 m).
10. Cor 1 : 1 (20-22 m).
11. Urungan pasir (22-23 m).
12. Gravel pack ukuran Ø7 – 10 mm.
13. Lubang bor Ø12".
14. Lubang bor Ø8".



Gambar 4.7 Konstruksi sumur bor

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil interpretasi geolistrik diketahui bahwa lapisan pertama (penutup) di daerah penelitian terdiri dari tufa dan lempung sedangkan lapisan yang dapat berfungsi sebagai akuifer diperkirakan terdiri dari breksi pasir, pasir halus sampai kasar dan kerikil. Akuifer di daerah penelitian tersebar merata dengan ketebalan dan kedalaman yang berbeda, yaitu sekitar 70 m sampai 200 m lebih dan termasuk akuifer terkekang karena bagian atas akuifer dibatasi oleh lapisan kedap air yaitu lapisan tufa dan tufa pasir sedangkan bagian bawahnya diperkirakan dibatasi oleh lapisan kebal air yaitu lapisan kelompok andesit seperti yang terlihat pada titik pengukuran GL-04.

Dari hasil interpretasi geolistrik maka lokasi pemboran ditetapkan di titik GL-03 yang diperkirakan memiliki potensi air tanah paling besar karena memiliki lapisan akuifer paling tebal yang dimulai dari kedalaman 79 m sampai 200 m lebih, selain itu posisi lapisan akuifernya paling dangkal dibandingkan di titik pengukuran GL-01, GL-02 dan GL-04.

Di titik pengukuran GL-03 yang telah dibor dilakukan logging dan dari hasil interpretasi logging diketahui bahwa posisi lapisan akuifer berada di kedalaman 95 m sampai 150 dan 160 m sampai 200 m. Hasil interpretasi geolistrik titik GL-03 berbeda dengan hasil interpretasi logging dalam menentukan posisi akuifer dan yang dijadikan acuan dalam pembuatan konstruksi sumur bor adalah hasil interpretasi logging karena hasil interpretasi logging lebih akurat.

Konstruksi sumur dibuat sesuai dengan hasil evaluasi pumping test dan interpretasi data logging. Panjang pipa jambang ditentukan berdasarkan hasil evaluasi *pumping test open hole* yaitu dari permukaan tanah sampai kedalaman 108,5 meter dengan perkiraan debit eksploitasi sekitar 1 lt/dt sampai 2 lt/dt. Sedangkan posisi saringan disesuaikan dengan kondisi dan posisi lapisan akuifer di dalam lubang sumur, dan berdasarkan hasil interpretasi logging maka saringan dipasang pada dua posisi yaitu: mulai kedalaman 120 m sampai 148 m dan kedalaman 165 sampai 200 m.

5.2 Saran

Pengolahan data geolistrik sebaiknya dilakukan dengan beberapa software, kemudian hasilnya dikorelasi agar diperoleh hasil pengolahan data geolistrik dengan error yang kecil sehingga hasil interpretasinya sesuai dengan kondisi lapangan. Pengambilan sampel batuan untuk pemboran yang dalam sebaiknya yang dalam bentuk bongkahan (core) bukan dalam bentuk serbuk (cutting).



DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tana (Mekanika Tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Harsono, Hadi, 1997, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, edisi-8, Schlumberger Oilfield Services, Jakarta.
- Robinson, Coruh, 1988, *Basic Explorasi Geophysics*, John Wiley and Son, Inc, Canada.
- Santoso, Djoko, 2002, *Pengantar Teknik Geofisika*, ITB, Bandung.
- Seyhan, Ersin, 1990, *Fundamental Of Hydrology*, Geografisch Instituut Der Rijksuniversiteit Utrecht, Amesterdam.
- Soemarto, Ir. CD, 1999, *Hidrologi Teknik*, edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono, Ir. 2003, *Hidrologi Untuk Pengairan*, cetakan ke-9, PT Pradaya Paramita, Jakarta.
- Telford, Geldart and Sheriff, 1996, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.
- Todd, David K., 1980, *Groundwater Hydrology*, Secon edition, John Wiley and Sons, New York.
- Verhoef, 1994, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.
- Waluyo, 2001, *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasi) Metode Resistivitas*, Laboraturium Geofisika Fakultas MIPA, Yogyakarta.
- Wilson, E. M., 1993, *Hidrologi Teknik*, edisi keempat, ITB, Bandung.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

