

STUDI EFEKTIFITAS HUTAN KOTA MALABAR

SEBAGAI DAERAH RESAPAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS

TUGAS AKHIR

Oleh:

AFFAN UCHRON

0110930001



600940

3 MAR 2006

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2006

MILIK

PERPUSTAKAAN

Universitas Brawijaya



KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN
KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN
KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN

KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN

KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN
KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN
KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN



KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN
KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN
KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN

KATAJALAN KOTAK KATUN KATUN KATUN KATUN



STUDI EFEKTIFITAS HUTAN KOTA MALABAR SEBAGAI DAERAH RESAPAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

AFFAN UCHRON
0110930001



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2006

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR****STUDI EFEKTIFITAS HUTAN KOTA MALABAR
SEBAGAI DAERAH RESAPAN AIR DENGAN
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS**

oleh:

AFFAN UCHRON

0110930001

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal **08 MAR 2006**
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Drs. Didik Yudianto, M.si
NIP. 132 125 709

Pembimbing II

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Drs. Heru Budiono, M.Sc
NIP. 131 653 822



MILIK
PERPUSTAKA

Unive



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Affan Uchron

Nim : 0110930001

Jurusan : Fisika

Penulis Tugas Akhir berjudul :

Studi Efektifitas Hutan Kota Malabar Sebagai Daerah Resapan Air Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

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, Desember 2005

Yang menyatakan,



(Affan Uchron)

NIM. 0110930001



Malang, Desember 2005
/ dan menyatakan,

(Aldan Ebron)
NIM/ 0110030001

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama :
NIM/ 0110030001
: Aldan Ebron
: Fisika

Immunan

Pembeli Tugas Akhir berjudul :

Studi Eksklusif Hutan Kota Malang Sebagai

Keberadaan Air / Dengan Menggunakan Metode Geolistrik

Resistivitas

Resistivitas

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar

terasa sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain

nama-nama yang tertera di isi dan tertera di daftar

pusaka dalam Tugas Akhir ini.

2. Apabila ditemukan hal tertera dalam Tugas Akhir yang saya

buat terbukti salah, maka saya bersedia

menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Kupersembahkan karya ini :

Untuk Ibunda dan Bapak (Alm.) tercinta

Yang telah menghadirkan dan mencintaiku.

Bekerjalah untuk duniamu seakan kau hidup selamanya,

tapi

Beribadahlah untuk akhiratmu seakan kau mati esok.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala Puji Bagi Allah swt. yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada hamba-Nya yang lemah ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Studi Efektifitas Hutan Kota Malabar Sebagai Daerah Resapan Air Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas”**.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini adalah berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu patut kiranya apabila penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak. Drs. Heru Budiono, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
2. Bapak Drs. Didik Yudianto M.Si. selaku pembimbing I, terima kasih atas waktu, kesabaran dan nasehat kepada penulis.
3. Bapak Ir. Wiyono M.Si selaku dosen pembimbing II atas bimbingan dan masukan-masukannya.
4. Ayahandaku Almarhum, Semoga Engkau Berbahagia di Sana. Ibu, Ibu, Ibu TERIMA KASIH.
5. Bapak dan ibu dosen Fisika yang telah mengajar penulis, terima kasih atas waktu dan ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh karyawan dan laboran jurusan fisika yang telah banyak membantu penulis.
7. Ainur, Adoel, Aziz, Alvi, Dayat, Diro, Hena, Kolil, Machrus, Pu2ng, Widi, Yuslida, Chotib, Ram Aji, Mbak Dian, Mbak Nina, Solikin, Camat, Bagus, Roni UGM, terima kasih bantuannya.
8. Teman-teman Fisika (terutama '01) yang telah memberikan inspirasi dan semangat bagi penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kebaikan kita semua. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, terutama bagi teman-teman mahasiswa yang mendalami ilmu Geofisika.

Malang, Desember 2005

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.3. Batasan masalah	4
1.4. Tujuan penelitian	4
1.5. Manfaat penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hutan Kota	7
2.1.1. Pengertian Hutan Kota	7
2.1.2. Tipe dan Bentuk Hutan Kota	7
2.1.3. Manfaat Hutan Kota	8
2.2. Resapan Air	10
2.2.1. Daur Hidrologi	10
2.2.2. Infiltrasi	12
2.2.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi	13
2.2.4. Pengukuran Infiltrasi Model Philip	15
2.2.5. Air Tanah	16
2.3. Metode Geolistrik	18
2.3.1. Metode Geolistrik Resistivitas	18
2.3.2. Resistivitas Batuan	20
2.3.3. Resistivitas Semu	22
2.3.4. Konfigurasi Elektroda	24
2.3.5. Konfigurasi Dipole-dipole	25
2.3.6. Metode Akuisisi Data	26
2.4. Kondisi Daerah Penelitian	26

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	29
--	----



3.2. Peralatan penelitian	29
3.3. Metode Geolistrik Resistivitas.....	29
3.3.1. Akuisisi Data	30
3.3.2. Pengolahan Data	30
3.3.3. Interpretasi Data	30
3.4. Pengukuran Laju Infiltrasi	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data	33
4.1.1. Lintasan MLBR-1	34
4.1.2. Lintasan MLBR-2	35
4.1.3. Lintasan MLBR-3	36
4.2. Interpretasi Data	37
4.2.1. Lintasan MLBR-1	37
4.2.2. Lintasan MLBR-2	38
4.2.3. Lintasan MLBR-3	39
4.2.4. Laju Infiltrasi	40
4.3. Pembahasan	41

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	44

DAFTAR PUSTAKA	45
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	11
Gambar 2.2 Silinder dengan Panjang ℓ dan Luas A	21
Gambar 2.3 Konsep Resistivitas Semu	23
Gambar 2.4 Susunan Elektroda	24
Gambar 2.5 Konfigurasi Dipole-dipole	26
Gambar 3.1 Diagram Kegiatan Penelitian	32
Gambar 4.1 Lintasan MLBR-1	35
Gambar 4.2 Lintasan MLBR-2	35
Gambar 4.3 Lintasan MLBR-3	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi Infiltrasi	13
Tabel 2.2. Kapasitas Infiltrasi dan Steady State Infiltration beberapa Tekstur Tanah	14
Tabel 2.3. Porositas dan Permeabilitas Batuan	18
Tabel 2.5. Kisaran Nilai Resistivitas Batuan	22
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi	37
Tabel 4.2. Lintasan MLBR-1	38
Tabel 4.3. Lintasan MLBR-2	39
Tabel 4.4. Lintasan MLBR-3	40



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Desain Survei Daerah Penelitian	47
Lampiran 2. Peta Wilayah Kota Malang	49
Lampiran 3. Peta Geologi Teknik Malang dan Sekitarnya	51
Lampiran 4. Spesifikasi Alat	53
Lampiran 5. Gambar Alat Penelitian	55
Lampiran 6. Data Hasil Penelitian Geolistrik Resistivitas	57
Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi	67
Lampiran 8. Perhitungan Faktor Konfigurasi (K)	71
Lampiran 9. Hasil Uji Laboratorium	75

Studi Efektifitas Hutan Kota Malabar Sebagai Daerah Resapan Air Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

Abstrak

Hutan Kota Malabar merupakan satu-satunya hutan kota yang terdapat di Kota Malang dan berfungsi sebagai daerah resapan air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk mengetahui kondisi struktur lapisan bawah permukaan. Sedangkan untuk mengetahui laju infiltrasi diukur dengan menggunakan *Double Ring Infiltrometer* metode *Ponded Infiltration* (metode genangan).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur bawah permukaan Hutan Kota Malabar terdiri dari tufa lanauan, tufa pasir dan lanau lempungan. Laju infiltrasi permukaan Hutan Kota Malabar adalah titik 1 sebesar 0.24 m/jam, titik 2 sebesar 0.06 m/jam dan titik 3 sebesar 0.26 m/jam. Titik 2 termasuk dalam kategori laju infiltrasi yang agak cepat, titik 1 cepat dan titik 3 adalah sangat cepat.



Study of Malabar Urban Forest Effectivity as Infiltration Area By Geoelectrical Resistivity Method

Abstract

Malabar Urban Forest is the single urban forest in Malang city and it has functioned as infiltration area. The aim of this research is to investigate the Malabar Urban Forest effectivity as infiltration area. The Research conducted by geoelectrical resistivity method want to know the structure of subsurface, while infiltration rate was measured by Double Ring Infiltrometer (Ponded Infiltration method).

The Result indicated that the structure of Malabar Urban Forest subsurface consisted of silty tuff, sandy tuff and clay silt. The infiltration rate of the surface of Malabar Urban Forest is point 1 equal to 0.24 m/hour, point 2 equal to 0.06 m/hour and point 3 equal to 0.26 m/hour. Point 2 included into rather quickly category, point 1 quickly and point 3 are very quickly category.



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

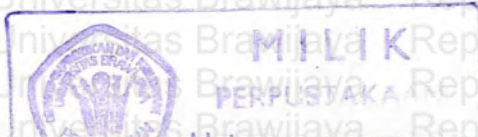
Kota merupakan tempat bermukim warga, tempat bekerja, tempat hidup, tempat belajar dan kegiatan-kegiatan lainnya. Menurut Peraturan Pemerintah RI no. 69 tahun 1996 kawasan kota merupakan suatu kawasan yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian, tetapi fungsi kawasan sebagai tempat pemukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan perekonomian. Definisi itu menggambarkan fungsi kota yang disertai dengan berbagai fasilitasnya dan merupakan kawasan yang dicirikan dengan adanya bangunan sebagai tempat pemukiman dan berbagai fasilitas pelayanan.

Kota perlu dikembangkan untuk memenuhi tuntutan yang terus meningkat. Namun dalam menentukan arah kebijakan pengembangannya perlu dibuatkan pola perencanaan pengembangan berdasarkan data yang ada dan kebutuhan yang harus dipenuhi kota tersebut. Kota dengan perencanaan yang kurang memadai akan menjadi lesu, sakit dan semrawut.

Pembangunan kota lebih sering dicerminkan oleh adanya perkembangan fisik kota yang lebih banyak ditentukan oleh sarana dan prasarana yang ada. Gejala pembangunan kota mempunyai kecenderungan untuk meminimalkan ruang terbuka hijau dan menghilangkan wajah alam. Lahan-lahan bertumbuhan banyak dialihfungsikan menjadi pertokoan, pemukiman, tempat rekreasi, industri dan lain-lain.

Padatnya bangunan menyebabkan semakin luasnya penutupan tanah sehingga berakibat pada ketidakseimbangan lingkungan, misalnya proses-proses yang melibatkan pergerakan air seperti limpasan permukaan, erosi dan resapan air ke dalam akuifer. Limpasan permukaan yang terjadi pada saat hujan meningkat karena berkurangnya peresapan akibat bertambahnya luas bangunan yang menutupi permukaan tanah.

Ketidakharmonisan hubungan antara manusia dengan alam akan mengakibatkan keadaan lingkungan di perkotaan menjadi hanya maju secara ekonomi namun mundur secara ekologi. Padahal kestabilan kota secara ekologi sangat penting,





sama pentingnya dengan nilai kestabilannya secara ekonomi. Oleh karena terganggunya kestabilan ekosistem perkotaan, maka alam menunjukkan reaksinya berupa : meningkatnya suhu udara di perkotaan, penurunan air tanah, banjir/genangan, penurunan permukaan tanah, intrusi air laut, abrasi pantai, pencemaran air berupa air minum berbau, mengandung logam berat, pencemaran udara seperti meningkatnya kadar CO dan debu, suasana yang gersang, bising dan kotor.

Kesadaran pemerintah akan perlunya pengelolaan lingkungan di perkotaan sesungguhnya sudah sejak lama. Namun pada waktu itu gerakan tersebut masih belum menyeluruh diterima oleh seluruh warga dan belum semua kota benar-benar mengusahakannya secara sungguh-sungguh. Baru setelah pemerintah melombakan gelar "Adipura" bagi kota yang bersih, maka gerakan kebersihan dan penataan kota mulai memasyarakat. Semua kota berlomba menata dan mengelola kotanya menjadi kota yang indah, sejuk, hijau, berbunga, nyaman dan bersih, selain untuk mendapatkan gelar Adipura juga takut mendapat julukan kota paling kotor.

Hijaunya kota tidak hanya menjadikan kota itu indah dan sejuk. Namun aspek kelestarian, keserasian, keselarasan dan keseimbangan sumber daya alam, yang pada giliran selanjutnya akan memberikan kenyamanan, kesegaran dan terbebasnya kota dari polusi dan kebisingan.

Meningkatnya pembangunan berbagai fasilitas di kota seperti pembangunan jalan, kegiatan transportasi, industri, pemukiman dan kegiatan lainnya sering mengakibatkan luasan ruang terbuka hijau menurun dan sering juga disertai dengan menurunnya mutu lingkungan hidup. Hutan kota merupakan bagian dari program Ruang Terbuka Hijau. Ruang Terbuka Hijau dinyatakan sebagai ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas, baik dalam bentuk membulat maupun dalam bentuk memanjang/jalur di mana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan (Instruksi Menteri Dalam Negeri No. 14 tahun 1988). Pelaksanaan program pengembangan Ruang Terbuka Hijau dilakukan dengan pengisian tumbuhan secara alamiah ataupun tanaman budidaya seperti pertanian, pertamanan, perkebunan dan sebagainya.



Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 63 tahun 2002 tentang hutan kota menyebutkan bahwa hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Hutan kota adalah suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak didalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai hutan kota oleh pejabat yang berwenang. Tujuan hutan kota adalah untuk kelestarian, keserasian dan keseimbangan ekosistem perkotaan yang meliputi unsur lingkungan, sosial dan budaya. Beberapa landasan operasional lainnya yang dapat dipergunakan untuk membangun hutan kota antara lain : Undang-undang No. 5 tahun 1974, No. 5 tahun 1979, No. 4 tahun 1982, No. 5 tahun 1990, No. 6 tahun 1990, Inmendagri No. 14 tahun 1988 dan Keppres No. 32 tahun 1990.

Tujuan survey kelistrikan adalah untuk menghitung distribusi resistivitas bawah permukaan dengan melakukan pengukuran di permukaan tanah. Prinsip kerja yang digunakan metode ini adalah dengan menginjeksikan arus melalui suatu elektroda sehingga diperoleh beda potensial dari elektroda tersebut. Hasil dari metode geolistrik adalah diketahuinya resistivitas bawah permukaan walaupun hanya merupakan nilai semu yang hubungannya dengan resistivitas sebenarnya sangatlah kompleks. Nilai ini muncul karena resistivitas bumi dianggap homogen dan memberikan nilai resistansi yang sama untuk susunan elektroda yang sama. Dari nilai resistivitas yang diketahui, akan dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi geologi bawah permukaan. Dengan berdasarkan data inilah efektifitas Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air dapat diduga yaitu dengan melihat struktur lapisan bawah permukaannya serta kemampuannya dalam menyerap air.

Belakangan ini sering dijumpai terjadinya kelebihan limpasan permukaan di berbagai kawasan sehingga mengakibatkan terjadinya genangan air di beberapa tempat. Banjir genangan ini diidentifikasi sebagai genangan akibat kurangnya lahan yang dapat meresapkan air hujan disamping saluran drainase yang kurang memadai. Dampak berkurangnya kawasan terbuka di kota Malang sebenarnya tidak hanya



terjadinya fenomena banjir yang langsung bisa dilihat dan dirasakan oleh warga kota, tetapi yang tak kalah penting adalah terjadinya penurunan jumlah air yang meresap ke dalam tanah. Hal ini tidak dapat dilihat langsung, tetapi dalam jangka panjang mengakibatkan cadangan air tanah menurun. Secara deskriptif penurunan cadangan air tanah terlihat dari sumur-sumur penduduk dan debit air yang keluar melalui rembesan-rembesan ke aliran S. Brantas pada musim kemarau. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat diketahui seberapa besar peranan Hutan Kota Malabar dalam menyelesaikan masalah yang tengah dihadapi oleh Kota Malang.

1.2. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana kondisi bawah permukaan Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air ?
- b. Seberapa efektifkah fungsi Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air ?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Hutan Kota Malabar Malang.
2. Penentuan struktur lapisan tanah dilakukan dengan menggunakan metode Geolistrik Resistivitas konfigurasi Dipole-dipole.
3. Uji resapan dilakukan dengan metode Double Ring Infiltrometer.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan kondisi struktur lapisan bawah permukaan Hutan Kota Malabar. Hal ini nantinya akan digunakan sebagai kajian untuk mengetahui efektifitasnya sebagai daerah resapan air di Kota Malang.





1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai dasar penataan kota untuk perkembangan selanjutnya, sehingga pemerintah ataupun masyarakat dapat lebih memahami betapa pentingnya keberadaan Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air bagi Kota Malang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hutan Kota

2.1.1. Pengertian Hutan Kota

Hutan kota (*urban forest*) menurut Todd (1980) adalah tumbuhan atau vegetasi berkayu di wilayah perkotaan yang memberikan manfaat lingkungan yang sebesar-besarnya dalam kegunaan-kegunaan proteksi, estetika, rekreasi dan kegunaan-kegunaan khusus lainnya. Sedangkan menurut hasil rumusan Rapat Teknis di Jakarta pada bulan Pebruari 1991 hutan kota didefinisikan sebagai suatu lahan yang bertumbuhan pohon-pohonan di dalam wilayah perkotaan di dalam tanah negara maupun tanah milik yang berfungsi sebagai penyangga lingkungan dalam hal pengaturan tata air, udara, habitat flora dan fauna yang memiliki nilai estetika dan dengan luas yang solid yang merupakan ruang terbuka hijau pohon-pohonan, serta areal tersebut ditetapkan oleh pejabat berwenang sebagai hutan kota. Hutan kota merupakan bagian dari program Ruang Terbuka Hijau. Ruang Terbuka Hijau dinyatakan sebagai ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas, baik dalam bentuk membulat maupun dalam bentuk memanjang/jalur di mana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan.

2.1.2. Tipe dan Bentuk Hutan Kota

Hutan kota dapat dikelompokkan dalam beberapa tipe berdasarkan lokasi dan tujuan pembangunannya, yaitu:

1. Tipe Pemukiman

Hutan kota yang dibangun pada areal pemukiman bertujuan utama untuk pengelolaan lingkungan pemukiman, sehingga lebih dititik-beratkan kepada keindahan, penyejukan, penyediaan habitat satwa khususnya burung, dan tempat bermain dan bersantai.

2. Tipe Kawasan Industri

Kawasan industri yang memiliki kebisingan yang tinggi dan udaranya tercemar, maka harus dibangun hutan kota dengan



tipe kawasan industri yang mempunyai fungsi sebagai penyerap pencemar, tempat istirahat bagi pekerja dan keindahan.

3. Tipe Perlindungan

Beberapa daerah karena kondisi awal geografisnya maka harus dibangun hutan kota sebagai perlindungan. Areal kota dengan kemiringan yang cukup tinggi yang ditandai dengan tebing-tebing yang curam ataupun daerah tepian sungai perlu dijaga dengan membangun hutan kota agar terhindar dari bahaya erosi dan longsor. Kota yang memiliki kerawanan air tawar akibat menipisnya jumlah air tanah dangkal atau terancam masalah intrusi air laut, maka hutan lindung sebagai penyerap, penyimpan dan pemasok air harus dibangun di daerah resapan airnya. Dengan demikian ancaman bahaya intrusi air laut dapat dikurangi.

4. Tipe Pelestarian Plasma Nutfah

Hutan konservasi mengandung tujuan untuk mencegah kerusakan perlindungan dan pelestarian terhadap sumberdaya alam. Hutan kota yang memenuhi kriteria ini antara lain : kebun raya, hutan raya dan kebun binatang. Sasaran pembangunan hutan kota untuk pelestarian plasma nutfah adalah sebagai tempat koleksi plasma nutfah dan sebagai habitat, khususnya untuk satwa yang akan dilindungi atau dikembangkan.

Bentuk-bentuk Hutan Kota antara lain :

- Jalur hijau
- Taman kota
- Kebun dan halaman
- Kebun raya
- Kebun binatang

2.1.3. Manfaat Hutan Kota

Hutan Kota mempunyai banyak sekali manfaat bagi kehidupan manusia di sekitarnya. Beberapa manfaat yang bisa dirasakan adalah :

1. Penyerap partikel-partikel berbahaya

Beberapa jenis pohon berdasarkan penelitian mempunyai kemampuan untuk menyerap partikel yang berbahaya bagi

kesehatan seperti : timbal, debu semen, karbondioksida dan karbon monoksida.

2. Peredam kebisingan

Pohon dapat meredam suara dengan cara mengabsorpsi gelombang suara oleh daun, cabang dan ranting. Jenis tumbuhan yang paling efektif untuk meredam suara ialah yang mempunyai tajuk yang tebal dengan daun yang rindang.

3. Mengurangi bahaya hujan asam

Pohon dapat membantu dalam mengatasi dampak negatif hujan asam melalui proses fisiologis tanaman yang disebut proses gutasi. Proses gutasi akan memberikan beberapa unsur diantaranya ialah : Ca, Na, Mg, K dan bahan organik seperti glumatin dan gula.

4. Penghasil oksigen

Cahaya matahari akan dimanfaatkan oleh semua tumbuhan baik hutan kota, hutan alami, tanaman pertanian dan lainnya dalam proses fotosintesis yang berfungsi untuk mengubah gas CO₂ dan air menjadi karbohidrat dan oksigen. Dengan demikian proses ini sangat bermanfaat bagi manusia, karena dapat menyerap gas yang bila konsentrasinya meningkat akan beracun bagi manusia dan hewan serta akan mengakibatkan efek rumah kaca. Di lain pihak proses ini menghasilkan gas oksigen yang sangat diperlukan oleh manusia dan hewan.

5. Penahan angin

Angin kencang dapat dikurangi 75-80% oleh suatu penahan angin yang berupa hutan kota. Dalam mendesain hutan kota untuk menahan angin faktor yang harus diperhatikan adalah :

- Jenis tanaman yang ditanam adalah tanaman yang memiliki dahan yang kuat.
- Daunnya tidak mudah gugur oleh terpaan angin dengan kecepatan sedang.
- Akarnya menghunjam masuk ke dalam tanah. Jenis ini lebih tahan terhadap hembusan angin yang besar daripada tanaman yang akarnya bertebaran hanya di sekitar permukaan tanah.
- Memiliki kerapatan yang cukup (50-60%).
- Tinggi dan lebar jalur hutan kota cukup besar, sehingga dapat melindungi wilayah yang diinginkan dengan baik.



6. Penyerap dan penapis bau

Tanaman dapat menyerap bau secara langsung, atau menahan gerakan angin yang bergerak dari sumber bau. Akan lebih baik lagi hasilnya, jika tanaman yang ditanam dapat mengeluarkan bau harum yang dapat menetralkan bau busuk dan menggantinya dengan bau harum.

7. Mengatasi intrusi air laut

Pemilihan jenis tanaman dalam pembangunan hutan kota pada kota yang mempunyai masalah intrusi air laut harus betul-betul diperhatikan karena penanaman dengan tanaman yang kurang tahan terhadap kandungan garam yang sedang-agak tinggi akan mengakibatkan tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik, bahkan mungkin akan mengalami kematian. Sedangkan penanaman dengan tanaman yang mempunyai daya evapotranspirasi yang tinggi akan menguras air dari dalam tanah, sehingga konsentrasi garam adalah tanah akan meningkat. Dengan demikian penghijauan bukan lagi memecahkan masalah intrusi air asin, malah sebaliknya akan memperburuk keadaannya. Upaya untuk mengatasi masalah ini sama dengan upaya untuk meningkatkan kandungan air tanah yaitu membangun hutan lindung kota pada daerah resapan air tanah dengan tanaman yang mempunyai daya evapotranspirasi yang rendah.

2.2. Resapan Air

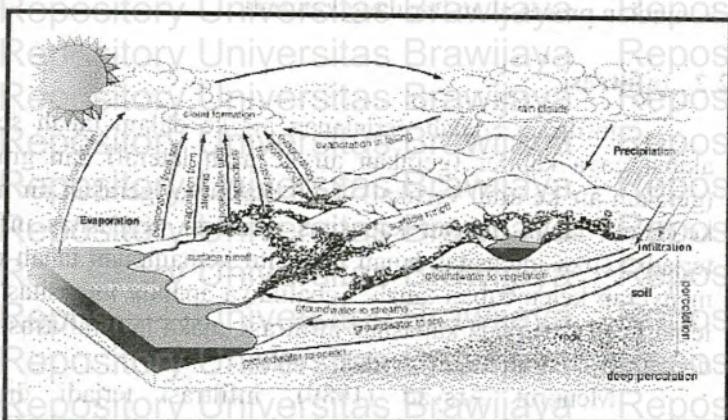
2.2.1. Daur Hidrologi

Hidrologi secara etimologi berasal dari dua kata yaitu hidro yang berarti air dan logos yang berarti ilmu. Dengan demikian secara umum hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang air. Secara khusus menurut SNI No. 1724-1489-F hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, pada permukaan dan di dalam tanah. Sedangkan daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir ke laut kembali (Munir, 2003).

Terdapat empat macam proses utama dalam daur hidrologi, yaitu :

1. Presipitasi

2. Evaporasi
3. Infiltrasi
4. Limpasan permukaan (*surface run off*)



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Presipitasi adalah proses kondensasi uap air yang jatuh ke tanah dalam rangkaian siklus hidrologi. Beberapa bentuk presipitasi adalah hujan, embun, kabut dan salju. Uap air yang jatuh ke permukaan tanah akan menimbulkan limpasan (*run off*) yang mengalir kembali ke laut. Dalam usahanya untuk mengalir kembali ke laut, beberapa diantaranya masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan bergerak terus ke bawah (*perkolasi*) ke dalam daerah jenuh (*saturated zone*) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau yang juga dinamakan permukaan freatik. Air dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk ke sungai atau kadang-kadang langsung masuk ke laut.

Air yang masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) akan menghidupi tumbuh-tumbuhan. Air akan diserap oleh akar sehingga terjadi transpirasi yaitu penguapan (*evaporasi*) lewat tumbuh-tumbuhan. Air yang tertahan di permukaan tanah (*surface detention*) sebagian besar mengalir masuk ke sungai-sungai sebagai limpasan air permukaan (*surface run off*). Permukaan sungai dan danau juga mengalami penguapan (*evaporasi*), sehingga masih ada lagi air yang dipindahkan menjadi uap. Air yang tidak menguap ataupun mengalami



infiltrasi akan kembali ke laut melalui palung-palung sungai. Air tanah yang bergerak jauh lebih lambat akan mencapai laut dengan jalan keluar melewati alur-alur sungai atau langsung merembes ke pantai. Dengan demikian seluruh daur telah dijalani yang kemudian proses akan berulang kembali.

2.2.2. Infiltrasi

Infiltrasi adalah perjalanan air ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air ke arah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertikal). Laju maksimal gerakan air masuk ke dalam tanah disebut kapasitas infiltrasi. Kapasitas infiltrasi terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah dalam menyerap kelembaban tanah. Sebaliknya apabila intensitas hujan lebih kecil dari pada kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan laju curah hujan (Asdak, 2000).

Menurut Arsyad (1989), infiltrasi terjadi dibawah pengaruh hisapan matriks tanah dan gaya gravitasi. Dengan masuknya air lebih dalam dan lebih dalamnya profil tanah yang basah, maka hisapan akan berkurang. Keadaan ini berjalan terus dengan semakin jauhnya bagian yang belum basah dari permukaan tanah, hisapan matrik akan semakin kecil sampai dapat diabaikan, sehingga tinggal tarikan gravitasi saja yang menyebabkan tarikan air ke bawah. Hal inilah yang menyebabkan laju infiltrasi pada awalnya besar dan berkurang dengan lamanya waktu sampai akhirnya mendekati konstan. Kondisi akhir ini biasa disebut infiltrasi konstan (*steady-state infiltration*). Apabila penambahan air terus berlangsung, maka air yang ditambahkan pada tanah tidak lagi masuk ke dalam tanah tetapi meluap ke permukaan (Bond and George, 1981). Klasifikasi infiltrasi tanah ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi infiltrasi

Kelas	Klasifikasi Infiltrasi	Laju Infiltrasi (m/jam)
1	Sangat lambat	$< 0.1 \cdot 10^{-2}$
2	Lambat	$0.1 \cdot 10^{-2} - 0.5 \cdot 10^{-2}$
3	Agak lambat	$0.5 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-2}$
4	Sedang	$2 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$
5	Agak cepat	$6 \cdot 10^{-2} - 12.5 \cdot 10^{-2}$
6	Cepat	$12.5 \cdot 10^{-2} - 25 \cdot 10^{-2}$
7	Sangat cepat	$> 25 \cdot 10^{-2}$

Sumber : Asdak 2000

2.2.3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Infiltrasi

Kemampuan infiltrasi suatu tanah dan keragamannya terhadap waktu dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Tekstur tanah

Tekstur tanah akan menentukan tata air dalam tanah berupa kecepatan infiltrasi, permeabilitas tanah dan kemampuan pengikatan air oleh tanah (Santoso, 1989). Menurut Arsyad (1980) tanah yang bertekstur kasar misalnya tanah berpasir akan jarang mengalami erosi. Ini disebabkan tanah berpasir mempunyai kapasitas dan laju infiltrasi yang cepat. Setiap jenis tanah mempunyai laju infiltrasi yang berbeda. Jenis tanah berpasir umumnya cenderung mempunyai laju infiltrasi yang tinggi, sedang tanah liat cenderung memiliki laju infiltrasi yang rendah. Untuk satu jenis tanah yang sama tetapi dengan kepadatan yang berbeda, akan mempunyai laju infiltrasi yang berbeda pula. Semakin padat tanah, maka akan semakin kecil laju infiltrasinya.

Tabel 2.2 Kapasitas Infiltrasi Dan Steady State Infiltration beberapa tekstur tanah

Tekstur Tanah	Steady State Infiltration (m/jam)	Kapasitas Infiltrasi (m/jam)
Pasir berlempung	$> 2 \cdot 10^{-2}$	$2.5 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 10^{-2}$
Lempung berpasir	$1 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-2}$	-
Lempung berdebu	$1 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-2}$	$0.75 \cdot 10^{-2} - 1.5 \cdot 10^{-2}$
Lempung	$0.5 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-2}$	$1.25 \cdot 10^{-2} - 0.25 \cdot 10^{-2}$
Lempung berliat	$0.1 \cdot 10^{-2} - 0.5 \cdot 10^{-2}$	$0.25 \cdot 10^{-2} - 0.05 \cdot 10^{-2}$

Sumber : Arsyad 1989

2. Struktur tanah

Tanaman dapat mempengaruhi sifat fisik tanah melalui pembentukan struktur tanah. Pembentukan tersebut secara langsung melalui retakan-retakan akibat aktivitas akar dan air di sekeliling akar (Utomo,1993). Massa tanah yang dipisahkan oleh retakan diikat oleh akar itu sendiri sehingga menciptakan ruang pori yang akan memudahkan air mengalir ke bawah dan diserap oleh tanah.

3. Bahan organik

Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa tumbuhan dan hewan yang sebagian telah mengalami pelapukan (Soepardi,1983). Tingginya kandungan bahan organik tanah dapat mempertahankan kualitas sifat fisik tanah sehingga membantu perkembangan akar dan kelancaran siklus air tanah melalui pembentukan pori tanah.

4. Kadar air tanah

Laju infiltrasi terbesar terjadi pada kandungan air yang rendah. Makin tinggi kadar air, hingga keadaan jenuh, laju infiltrasi akan menurun sampai konstan.

5. Hubungan infiltrasi dengan penggunaan lahan

Infiltrasi dipengaruhi oleh penggunaan lahan. Hal ini berkaitan dengan vegetasi yang ada di permukaan tanah yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Air hujan yang



jatuh akan ditahan oleh vegetasi yang ada di atas permukaan tanah. Adanya vegetasi akan meningkatkan laju evapotranspirasi sehingga kadar air tanah akan menurun yang pada akhirnya akan meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah (Asdak, 2000).

2.2.4. Pengukuran Infiltrasi Model Philip

Persamaan diferensial parsial untuk menggambarkan pergerakan air tanah merupakan hasil turunan yang berdasarkan hukum Darcy serta konsep potensial kapiler Buckingham dan Richard. Persamaan Richard tersebut ditulis sebagai suatu persamaan difusi non linear yang tergantung pada kandungan lengas tanah dan difusifitas tanah yang didefinisikan sebagai hasil kali konduktifitas hidrolik dengan kapasitas lengas tanah.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(k \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \right) - \frac{\partial k}{\partial z} \quad (2.1)$$

Persamaan tersebut merupakan pendekatan dasar fisika untuk studi infiltrasi yang merupakan persamaan aliran 1 dimensi dimana :

- θ = kandungan air tanah
- z = kedalaman
- t = waktu
- p = tekanan air tanah
- k = konduktifitas hidrolik

Philip telah menurunkan suatu solusi persamaan Richard untuk kondisi permukaan tanah tetap tergenang pada tekanan air tanah sama dengan (0) nol setelah waktu 0 (nol) detik. Integrasi dari profil tanah dalam kasus ini memberikan nilai infiltrasi kumulatif (I) setelah waktu t dalam bentuk :

$$I = A t^{1/2} + B t + C t^{3/2} + \dots \quad (2.2)$$

Dimana A, B dan C adalah konstanta yang tergantung pada sifat hidrolik tanah dan kondisi air tanah. Persamaan ini tidak dapat diselesaikan apabila $t = \infty$, sehingga kurang bermanfaat pada waktu yang lama. Namun karena profil lengas tanah mendekati bentuk konstan setelah waktu yang lama, maka dianggap bahwa profil lengas tanah mendekati suatu bentuk konstan bergerak ke bawah dengan kecepatan konstan setelah suatu waktu yang panjang. Model infiltrasi Philip tersebut adalah :



$$F = at^{1/2} + b \quad (2.3)$$

Dimana:

F = kumulatif masukan (m) t = waktu (detik)

a = sorptivitas ($\text{ms}^{-1/2}$) b = konduktifitas hidrolik (ms^{-1})

(Landon, 1984 dan Smith dan Mullins, 2001).

2.2.5. Air Tanah

Air hujan sebagian akan menjadi air permukaan, sebagian akan menguap, dan sebagian lagi akan meresap ke dalam tanah menjadi air tanah. Jumlah air hujan yang meresap ke dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kemiringan topografi, sifat batuan, intensitas hujan dan tipe serta jumlah vegetasi yang terdapat pada daerah tersebut. Air hujan yang turun pada daerah kemiringan lereng yang terjal dan disusun oleh batuan yang kedap air (*impermeable*), sebagian besar airnya menjadi air permukaan (*run off*). Sedangkan air hujan yang turun pada daerah yang landai dengan batuan yang tidak kedap air (*permeable*), sebagian besar airnya akan meresap ke dalam tanah menjadi air tanah. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian akan tertahan oleh partikel-partikel tanah dan menguap kembali ke atmosfer, sebagian lagi akan diserap oleh tumbuhan dan yang lain akan terus meresap ke bawah sampai pada suatu zona dimana pori-pori dari tanah seluruhnya terisi oleh air. Zona tersebut disebut zona yang jenuh air atau zona saturasi (*zone of saturation*). Air yang terdapat dalam zona ini disebut air tanah. Batas teratas dari zona yang jenuh air ini disebut muka air tanah (*water table*). Daerah di atas muka air tanah, dimana tanah, sedimen atau batuan tidak jenuh air disebut *zone of aeration*. Pada zona ini rongga antar butiran terisi oleh udara.

Keadaan material bawah tanah sangat mempengaruhi aliran dan jumlah air tanah. Jumlah air tanah yang dapat disimpan dalam batuan dasar, sedimen dan tanah, sangat tergantung pada porositas bahan tersebut. Porositas merupakan persentase pori/rongga dalam total volume batuan. Selain rongga antar butiran, rongga di dalam batuan dapat juga terbentuk karena adanya kekar dan sesar, atau karena pelarutan batuan seperti yang sering terbentuk pada batu gamping.

Porositas suatu material sangat bervariasi. Besarnya porositas sangat tergantung pada bentuk dan ukuran butir, susunan butiran, derajat sortasi dan derajat batuan sedimen.



Sedimen pada umumnya mempunyai porositas antara 10% sampai 50%, lempung dapat mempunyai porositas sampai 50%, sedang material yang disusun oleh gravel mempunyai porositas 20%. Pada batuan yang disusun oleh ukuran butir yang sangat bervariasi (sortasinya jelek), porositasnya akan turun, sebab butiran yang halus akan mengisi rongga diantara butiran yang kasar. Batuan beku dan metamorf, dan juga sebagian batuan sedimen yang disusun oleh mineral yang saling tumbuh dan mengikat, porositasnya sangat kecil. Porositas yang besar pada batuan semacam ini disebabkan oleh adanya rekahan-rekahan pada batuan tersebut.

Sifat fisik batuan lainnya yang mempengaruhi jumlah air tanah adalah permeabilitas. Permeabilitas merupakan suatu ukuran kemudahan aliran melalui suatu media porus. Secara kuantitatif permeabilitas diberi batasan dengan koefisien permeabilitas. Berdasarkan permeabilitasnya batuan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Lapisan permeabel (serap air)
Lapisan ini disusun oleh material kasar seperti pasir, kerikil dan kerakal yang mempunyai pori yang besar, sehingga air tanah akan mengalir dengan mudah.
2. Lapisan semi permeabel (semi menyerap air)
Lapisan ini mempunyai kemampuan semi menyerap air, materialnya seperti pasir argillasis, tanah los, peat dan fissured marl.
3. Lapisan Impermeabel (kedap air)
Lapisan ini mempunyai rongga yang sangat kecil sehingga air tidak dapat bergerak atau mengalir. Kejadian semacam ini terjadi pada lempung. Meskipun lempung mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyimpan air, tetapi karena porinya sangat kecil, maka air tidak dapat mengalir.

Besar nilai porositas dan permeabilitas beberapa batuan ditunjukkan pada tabel di bawah ini :



Tabel 2.3 Porositas dan Permeabilitas Batuan

Type Batuan	Porositas (%)	Koefisien permeabilitas (m/hari)
Kerikil	25 – 35	100 – 1000
Pasir	30 – 40	5 – 40
Konglomerat	10 – 25	5 – 15
Loess	25 – 50	≈ 0.1
Batuan pasir (paras)	5 – 20	5 – 20
Batuan pasir dengan lipatan dan fraktur (patahan)	hingga 40	≥ 50
Batuan kapur dengan permeabilitas primer	20 – 35	± 25
Batuan kapur dengan permeabilitas sekunder	» 35	» 25

Sumber : Seyhan, 1990

2.3. Metode Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Metode geolistrik yang terkenal antara lain : metode potensial diri (SP), arus telluric, *magnetotelluric*, elektromagnetik, IP (*induced polarization*), dan resistivitas (hambatan jenis).

2.3.1. Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas (hambatan jenis) merupakan suatu metode pendugaan kondisi bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan arus listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi diukur dengan menggunakan dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (titik sounding).



Metode resistivitas didasarkan pada kenyataan bahwa sebagian dari arus listrik yang diberikan pada lapisan tanah, menjalar ke dalam tanah pada kedalaman tertentu dan bertambah besar dengan bertambahnya jarak antar elektroda, sehingga jika sepasang elektroda diperbesar, distribusi potensial pada permukaan bumi akan semakin membesar dengan nilai resistivitas yang bervariasi (Vingoe, 1972).

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

1. Bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan yang dibatasi oleh bidang batas horizontal serta terdapat kontras resistivitas antara bidang batas per lapisan tersebut.
2. Tiap lapisan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali untuk lapisan terbawah ketebalannya tak terhingga.
3. Tiap lapisan dianggap bersifat homogen isotropik.
4. Tidak ada sumber arus selain arus yang diinjeksikan di atas permukaan bumi.
5. Arus listrik yang diinjeksikan adalah arus listrik searah.

Tiap lapisan penyusun bumi merupakan suatu material batuan yang mempunyai hambatan jenis berbeda. Resistivitas tanah tergantung sekali dengan parameter-parameter geologi yang bermacam-macam seperti mineral dan cairan yang dikandungnya, porositas dan derajat saturasi air dalam batuan.

Prinsip dasar yang digunakan dalam metode Resistivitas adalah Hukum Ohm. Untuk mengeluarkan energi yang tersimpan dalam baterai diperlukan penghubung (konduktor) diantara kedua terminalnya. Apabila ditambahkan sebuah resistor maka akan terjadi perubahan potensial pada ujung-ujung hambatan tersebut. Hubungan antara resistor, arus dan beda potensial oleh George Simon Ohm (1827) dinyatakan dalam persamaan :

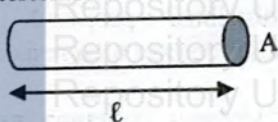
$$I = \frac{V}{R} \quad (2.4)$$

Dimana besarnya arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar, berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung penghantar, dan dipengaruhi oleh jenis penghantarnya.

2.3.2. Resistivitas Batuan

Resistivitas dapat didefinisikan sebagai hambatan suatu bahan persatuan luas atau panjang. Besar hambatan ini

bergantung pada dimensi unit bahan yang dialirinya. Resistivitas listrik dari suatu material dapat digambarkan sebagai resistivitas dari suatu silinder yang mempunyai luas (A) dan panjang (ℓ) tertentu.



dimana :

ρ = hambatan jenis (resistivitas)

A = luas penampang konduktor

ℓ = panjang konduktor

I = arus listrik

V = beda potensial

Gambar 2.2 Silinder dengan panjang ℓ dan luas A

Persamaan hambatan silinder adalah :

$$R = \frac{\rho \cdot \ell}{A} \quad (2.5)$$

Potensial dalam suatu medium yang homogen isotropik dianggap selalu dialiri arus. Hubungan antara besar medan listrik yang terjadi dengan rapat arus yang mengalir dalam medium tersebut adalah :

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} \text{ dimana } \mathbf{E} = -\nabla V$$

$$\mathbf{J} = -\sigma \nabla V$$

Theorema gauss menyatakan bahwa : $\int \nabla \cdot \mathbf{J} dV = 0$, maka pada volume yang kecil, dianggap sebuah titik, diperoleh :

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = -\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0$$

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

dalam medium homogen isotropik, ρ konstan, maka nilai σ pun konstan, atau $\nabla \sigma = 0$, sehingga :

$\nabla \sigma \cdot \nabla V = 0$ dan $\nabla^2 V = 0$ (Persamaan Laplace). Dengan demikian distribusi potensial listrik aliran arus searah dalam medium homogen isotropik memenuhi persamaan laplace.

Untuk keadaan bumi yang homogen isotropis, maka bumi mempunyai bentuk simetri bola, besarnya potensial merupakan fungsi jarak (r) saja. Dalam koordinat bola persamaan Laplace:

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \left(\frac{2}{r}\right) \frac{\partial V}{\partial r} = 0$$

sehingga didapatkan suatu penyelesaian bahwa $\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2}$ dengan

demikian potensial yang terjadi pada keadaan tersebut adalah $V = -\frac{A}{r} + B$ dimana besarnya A dan B adalah konstan sehingga untuk



$V(\infty)$ dengan $r = \infty$ maka $V=0$ dan $B=0$ dan $V(r)=-A/r$ Besarnya rapat arus pada kondisi ini adalah :

$$J = I/A \text{ atau } I = -4\pi r^2 \sigma dV/dr \text{ atau } I = -4\pi \sigma A$$

Sehingga didapatkan suatu persamaan :

$$A = -\frac{I\rho}{4\pi} \text{ dan } V = \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right) \frac{1}{r} \text{ atau } \rho = \frac{4\pi rV}{I}$$

Jika titik elektroda mengalir arus disuatu daerah pada permukaan homogen isotropis maka dalam hal ini luasan yang dipakai adalah setengah bola sehingga dengan cara yang sama pada suatu kedalaman r akan didapatkan :

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r'} \text{ atau } \rho = \frac{2\pi rV}{I} \quad (2.6)$$

dan ketika jarak antara dua arus elektroda terbatas, potensial pada beberapa titik di permukaan akan cenderung dengan kedua arus elektrodanya. Potensial yang diberikan C_1 (elektroda arus 1) pada P_1 (elektroda potensial 1)

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \text{ dimana } A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$$

Sedangkan potensial yang diberikan C_2 (elektroda arus kedua) pada P_1 (elektroda potensial kedua)

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \text{ dimana } A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A_1$$

Maka pengaruh adanya arus pada elektroda C_1 dan C_2 pada P_1 adalah :

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

Dengan cara yang sama maka pengaruh yang diberikan oleh C_1 dan C_2 pada P_2

$$V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)$$

Beda potensial antara P_1 dan P_2 adalah

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

(Telford, Geldart and Sheriff, 1976).



Survey resistivitas memberikan gambaran tentang distribusi resistivitas bawah permukaan. Untuk mengkonversi bentuk resistivitas ke dalam bentuk geologi diperlukan pengetahuan tentang tipikal dari harga resistivitas untuk setiap tipe material dan struktur geologi daerah survey. Adanya cairan atau air dalam sistem rekahan atau ruang antar butir batuan dapat menurunkan nilai resistivitas batuan.

Nilai resistivitas beberapa jenis batuan disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Kisaran nilai resistivitas batuan (Telford, 1976)

Material	Resistivity (Ohm meter)
Sedimentary Rock	
Shale	$10 - 10^3$
Sandstone	$1 - 10^8$
Limestone	$50 - 10^7$
Dolomite	$10^2 - 10^4$
Lavas	$10^2 - 5 \cdot 10^4$
Tuffs	$2 \cdot 10^1 - 2 \cdot 10^2$
Unconsolidated Sediment	
Sand	$1 - 10^3$
Clay	$1 - 10^2$
Marl	$1 - 10^2$
Groundwater	
Portable well water	$0.1 - 10^3$
Brackish water	$0.2 - 1$
Sea water	0.2
Supersaline brine	$0.5 - 0.2$

2.3.3. Resistivitas Semu

Asumsi yang selalu digunakan dalam metode geolistrik resistivitas adalah bumi bersifat homogen isotropis. Ketika arus diinjeksikan ke dalam bumi, pengaruh dalam bentuk beda



potensial yang diamati secara tidak langsung adalah hambatan jenis suatu lapisan bumi tertentu. Namun nilai ini bukanlah nilai hambatan jenis yang sesungguhnya. Hambatan jenis ini merupakan besaran yang nilainya tergantung pada spasi elektroda yang dipakai. Padahal kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang diukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Hambatan jenis ini disebut hambatan jenis (resistivitas) semu. Resistivitas semu dirumuskan dengan:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$

dimana : ρ_a : Resistivitas semu (Ωm)

K : Faktor Geometris (m)

ΔV : Beda potensial (V)

I : Kuat arus (A)

Bumi merupakan medium berlapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda-beda. Resistivitas semu merupakan suatu konsep abstrak yang didalamnya terkandung keterangan tentang kedalaman dan sifat suatu lapisan tertentu. Sebagaimana disajikan dalam Gambar 2.2, dimisalkan bahwa medium yang ditinjau terdiri dari 2 lapis dan mempunyai nilai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam pengukuran, medium ini akan dianggap sebagai 1 lapisan yang homogen dan mempunyai 1 harga resistivitas yaitu ρ_a (*Apparent Resistivity*) atau resistivitas semu.



Gambar 2.3 Konsep resistivitas semu

Resistivitas semu yang dihasilkan oleh setiap konfigurasi akan berbeda walaupun jarak antar elektrodanya sama. Maka dikenal adanya ρ_{aw} yaitu resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner dan ρ_{as} untuk konfigurasi Schlumberger. Untuk medium berlapis, harga resistivitas semu ini akan merupakan fungsi jarak bentangan (jarak antar elektroda arus). Untuk jarak antar

elektroda arus yang kecil akan memberikan ρ_a yang harganya mendekati ρ batuan di dekat permukaan. Sedang untuk jarak bentangan yang besar, ρ_a yang diperoleh akan mewakili harga ρ batuan yang lebih dalam.

2.3.4. Konfigurasi Elektroda

Konfigurasi elektroda merupakan model penyusunan elektroda-elektroda arus dan potensial yang diatur sedemikian rupa sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai.



Gambar 2.4 Susunan elektroda

Elektroda A dan B disebut elektroda arus (*current electrode*), sedangkan elektroda M dan N disebut elektroda potensial (*potential electrode*). Elektroda arus biasa juga ditulis dengan C1 dan C2, dan untuk elektroda potensial adalah P1 dan P2. Dalam pengukuran di lapangan, keempat elektroda tersebut ditancapkan ke dalam tanah. Arus listrik dari power suplay dialirkan ke dalam bumi melalui elektroda arus C1 dan C2. Kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui elektroda potensial P1 dan P2. Adapun beberapa macam konfigurasi elektroda yang umum digunakan adalah :

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

Hasil pengukuran di lapangan adalah berupa nilai hambatan jenis dan jarak antar elektroda, sehingga diperlukan suatu proses agar diperoleh nilai hambatan jenis terhadap kedalaman. Jika nilai hambatan jenis diplot terhadap jarak antar elektroda dengan menggunakan grafik seismilog akan diperoleh

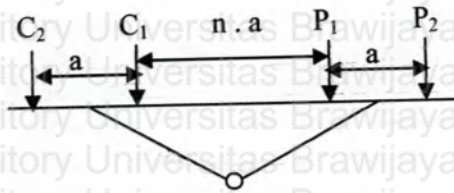


kurva hambatan jenis. Dengan menggunakan kurva standar yang diturunkan berdasarkan berbagai variasi perubahan nilai hambatan jenis antar lapisan secara ideal dapat ditafsirkan variasi nilai hambatan jenis terhadap kedalaman. Dengan cara ini ketebalan lapisan berdasarkan nilai hambatan jenisnya dapat diduga, dan keadaan lapisan-lapisan batuan di bawah permukaan dapat ditafsirkan (Santoso, 2002).

Setelah dapat diketahui jenis batuan masing-masing per lapisan dengan curve matching, barnes dan kumulatif moore maka dapat ditentukan karakteristik atau sifat dari masing-masing per lapisan tersebut. Diantara batuan pembawa air adalah batuan sedimen yang merupakan lapisan batuan pembawa air yang terbaik, yang mempunyai banyak pori antar ruang butirnya. Semakin halus ukuran butiran batuan, maka menjadi kelompok lapisan batuan pembawa air yang buruk (kedap air), seperti lempung, napal, gamping dan kristalin. Kedua adalah batuan beku, yang merupakan lapisan batuan pembawa air yang kurang baik, seperti basalt dan andesit. Batuan yang merupakan akuifer terbaik adalah pasir, kerikil dan kerakal. (Todd, 1980).

2.3.5. Konfigurasi Dipole-dipole

Pengukuran dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole kedua arus bergerak menjauhi kedua elektroda potensial secara bersamaan serta elektroda potensial dan arus mempunyai jarak yang tetap yaitu sebesar a . Konfigurasi dipole-dipole digunakan dalam pengukuran kawasan frekuensi dengan tujuan untuk menghilangkan adanya efek kopling. Setiap konfigurasi elektroda pada dasarnya dapat digunakan dalam teknik kawasan waktu. Dan juga untuk mencatat kelengkungan fungsi potensial dengan menggunakan pasangan elektroda arus yang berjarak rapat. Untuk penampang horizontal dari konfigurasi ini seperti pada gambar di bawah ini :



titik plotting
dimana : C1 , C2 adalah elektroda arus
P1 , P2 adalah elektroda potensial
a adalah spasi elektroda (jarak antara elektroda)

Gambar 2.5 Konfigurasi Dipole-Dipole

2.3.6. Metode Akuisisi Data

Metode akuisisi data lapangan ada beberapa macam, diantaranya adalah:

1. Lateral Mapping

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

2. Vertikal Sounding

Vertikal Sounding bertujuan mengetahui distribusi harga resistivitas pada suatu titik target sounding di bawah permukaan bumi yaitu secara vertikal, cara ini biasanya disebut sounding 1D karena resolusi hanya bersifat vertikal.

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

Untuk metode Resistivitas 2D akan memberikan informasi distribusi harga resistivitas secara lateral dan vertikal (kedalaman), sehingga lapisan bawah permukaan bumi dapat diketahui lebih jelas dan target kedalaman yang dicapai lebih dalam.

2.4. Kondisi Daerah Penelitian

Hutan Kota Malabar terletak di Kota Madya Malang, tepatnya di Jalan Malabar dengan luas 16.718 m^2 . Posisinya berada pada $7,96836^\circ$ Lintang Selatan dan $112,62572^\circ$ Bujur Timur serta ketinggian 484 meter. Geografis Kota Madya Malang

sendiri terletak pada ketinggian antara 440 – 667 m dpl, serta 112,06° Bujur Timur dan 7,06° - 8,02° Lintang Selatan. Kadar udara Kota Malang berhawa sejuk dan kering, curah hujan rata-rata tiap tahun 1.833 mm dan kelembaban udara rata-rata 72 %. Tekstur tanah adalah perbandingan partikel liat, debu dan pasir yang terdapat pada suatu gumpalan tanah. Tekstur tanah diklasifikasikan menjadi tiga yaitu halus, sedang dan kasar. Dari tiga kelas tersebut yang terdapat di Kota Malang adalah tekstur halus dan sedang. Tanah bertekstur halus merupakan tekstur tanah yang paling banyak yakni seluas 92% dari keseluruhan wilayah kota.

Secara geologi daerah penelitian termasuk dalam formasi Tufa malang (Qvtm). Permukaan formasi ini didominasi oleh sebaran tufa yang keadaannya melapuk menengah sampai tinggi. Tufa berwarna putih keabuan sampai coklat terang, berbutir pasir halus sampai kasar, terdiri dari komponen mineral hitam, oksida besi dan kaca gunung api, mengandung kerikil batuan andesitik dan batu apung serta sisa tumbuhan, kurang padu dan mudah pecah, tebal lapisan 2-5 meter. Tebal tanah pelapukan umumnya 1-2,8 meter yang berupa lanau lempungan berwarna coklat kemerahan. Secara umum formasi ini mempunyai tingkat kekuatan tanah dan batuan yang rendah.





BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2004, dengan mengambil lokasi di Hutan Kota Malabar Malang.

3.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi dalam dua kelompok, pertama untuk metode Geolistrik Resistivitas dan yang kedua adalah untuk pengukuran laju infiltrasi. Alat-alat untuk penelitian dengan metode Geolistrik Resistivitas adalah:

1. Resistivity Meter
2. Elektroda arus dan potensial (4 buah)
3. Kabel listrik
4. Patok
5. Seperangkat komputer
6. Kompas geologi
7. Tali

Sedangkan peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengukuran laju infiltrasi adalah :

1. Silinder ganda (silinder besar dan kecil)
2. Meteran
3. Stopwatch
4. Ember
5. Palu

3.3. Metode Geolistrik Resistivitas

Pemodelan lapisan bawah permukaan daerah penelitian dilakukan dengan cara mengukur nilai hambatan jenis batuanannya. Dengan mengetahui sebaran nilai hambatan jenis batuanannya, maka akan dapat digambarkan kondisi bawah permukaan daerah penelitian secara dua dimensi yaitu secara vertikal dan horisontal menggunakan program yang sudah ada. Metode geolistrik resistivitas ini menggunakan konfigurasi dipole-dipole.

3.3.1. Akuisisi Data

Proses akuisisi data atau pengambilan data berupa pengukuran nilai hambatan atau resistivitas batuan (R) dengan menggunakan alat Resistivity meter. Dalam pengambilan data resistivitas tersebut digunakan dua elektroda arus dan dua elektroda potensial yang harus digeser sampai jarak tertentu, biasanya sampai 6 kali pergeseran. Setelah elektroda potensial digeser sampai 6 kali, maka elektroda arus digeser sebesar jarak spasi yang digunakan yaitu 10 meter, dan posisi elektroda potensial ditancapkan kembali seperti posisi semula tetapi dengan menggunakan acuan jarak elektroda arus yang baru. Jumlah lintasan yang diukur adalah tiga lintasan. Data yang diambil dari penelitian ini adalah data primer, yang berupa:

1. Jarak antar elektroda (spasi antar elektroda)
2. Nilai pergeseran (n)
3. Nilai hambatan (R)

3.3.2. Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan software Res2Dinv untuk memberikan gambaran dua dimensi horizontal dan vertikal lapisan bawah permukaan. Data masukan berupa file dengan ekstensi DAT yang terdiri dari datum point, spasi elektroda, faktor spasi (n) dan nilai resistivitas semu. Program Res2Dinv akan membaca data tersebut dan kemudian ditampilkan hasil inversinya yang berupa penampang kondisi bawah permukaan daerah penelitian.

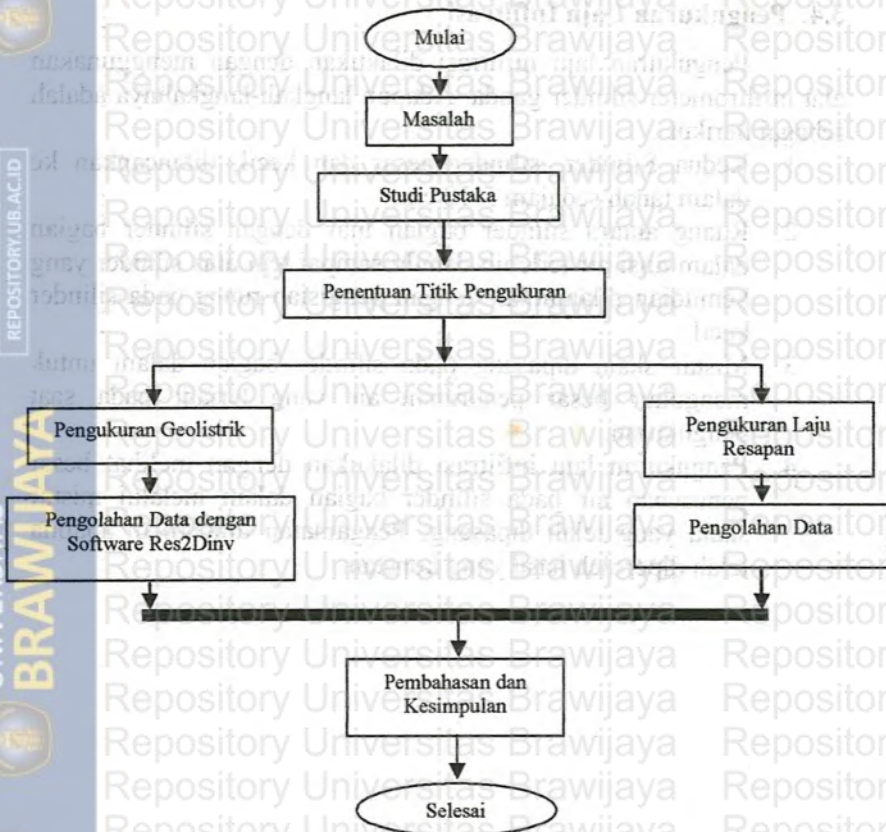
3.3.3. Interpretasi Data

Interpretasi data merupakan langkah akhir penelitian yang dilakukan. Pada tahapan ini hasil penelitian diartikan untuk dapat diketahui bagaimana gambaran kondisi bawah permukaan daerah penelitian. Hal ini dilakukan dengan melihat hasil yang ditunjukkan oleh program yang digunakan dan dikorelasikan dengan data-data geologi daerah penelitian.

3.4. Pengukuran Laju Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan menggunakan alat infiltrometer silinder ganda. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Kedua Silinder, silinder besar dan kecil, ditancapkan ke dalam tanah sedalam 5-10 cm.
2. Ruang antara silinder bagian luar dengan silinder bagian dalam diisi air terlebih dahulu sampai tepi atas silinder yang kemudian dilanjutkan dengan pengisian ruang pada silinder kecil.
3. Mistar skala dipasang pada silinder bagian dalam untuk mengukur besar penurunan air yang terjadi pada saat pengukuran.
4. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan melihat besar penurunan air pada silinder bagian dalam melalui mistar skala yang telah dipasang. Pengamatan dihentikan apabila telah diperoleh hasil yang konstan.



Gambar 3.1. Diagram kegiatan penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data

Penelitian metode geolistrik resistivitas yang dilakukan dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole merupakan salah satu cara untuk dapat mengetahui kondisi bawah permukaan bumi tanpa perlu menggali/mengebor bumi secara langsung. Konfigurasi dipole-dipole merupakan salah satu konfigurasi elektroda dalam metode geolistrik resistivitas yang cukup efektif dalam survei di lapangan, karena setiap kali berpindah titik tidak perlu memindah semua elektroda tapi cukup elektroda potensialnya saja. Selain itu dengan menggunakan konfigurasi ini, dalam satu kali survei dapat menampilkan penampang (profiling) sounding sekaligus mapping bawah permukaan.

Pemilihan arah lintasan survei adalah memanjang sepanjang Hutan Kota Malabar. Hal ini dimaksudkan untuk dapat mencapai target kedalaman yang maksimal, karena kondisi daerah penelitian yang berbentuk persegi panjang. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan lebar spasi terpendek 10 meter. Terdapat tiga lintasan yang dipilih untuk dilakukan pengukuran pada penelitian kali ini, yaitu: lintasan MLBR-1, MLBR-2 dan MLBR-3. Adapun panjang masing-masing lintasan secara berurutan adalah 200 m, 160 m dan 190 m. Panjang masing-masing lintasan tidak bisa sama dikarenakan kondisi di lapangan yang tidak memungkinkan.

Data yang diperoleh di lapangan adalah berupa nilai R (hambatan), jarak spasi elektroda (a) dan faktor spasi (n), dimana nilai $n = 1, 2, 3, \dots$ bergantung pada banyaknya data dan target kedalaman. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program Res2Dinv, yaitu suatu program komputer yang secara otomatis dapat menentukan model resistivitas 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik. Dari hasil pengolahan data ini, akan dapat dilihat secara langsung bagaimanakah model lapisan bawah permukaan lintasan survei. Model ini berupa gambar penampang sepanjang lintasan dan kedalaman survei yang mampu dideteksi. Pada gambar penampang tersebut akan terlihat lapisan-lapisan batuan penyusun mulai dari permukaan sampai dengan kedalaman jangkauan

survei. Masing-masing lapisan akan ditunjukkan dengan warna yang berbeda-beda berdasarkan nilai resistivitasnya. Dengan melihat model tersebut, maka interpretasi akan dapat dilakukan dengan mudah.

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan pada 3 titik pengamatan. Titik-titik tersebut terletak di sepanjang lintasan MLBR-3 yang memotong daerah penelitian secara diagonal. Penentuan ketiga titik tersebut dengan anggapan bahwa ketiganya sudah mewakili keseluruhan daerah penelitian.

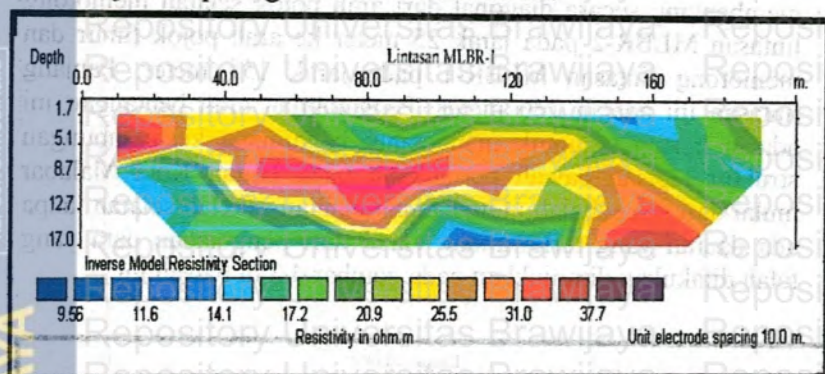
Data yang diambil untuk pengukuran laju infiltrasi adalah interval waktu, kumulatif waktu serta jumlah masukan air terukur dan kumulatifnya. Dari data-data tersebut kemudian diolah untuk dapat ditentukan berapa laju infiltrasi dari setiap titik pengukuran. Dengan diketahuinya besar laju infiltrasi dari 3 titik pengukuran tersebut, maka akan dapat ditarik kesimpulan mengenai daya infiltrasi dari Hutan Kota Malabar dalam kaitannya sebagai daerah resapan air. Semakin besar nilai laju infiltrasi ketiga titik tersebut, maka semakin bagus dan baik potensi Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air bagi Kota Malang.

Daerah penelitian berdasarkan informasi Peta Geologi lembar Malang termasuk dalam formasi Tuf Malang (Qvtm), yang merupakan endapan epiklastika dari hasil rombakan batuan Gunung api tua yang menindih batuan Gunung api Gendis dan batuan Gunung api Buring. Sebaran formasi ini cukup luas, terhampar di sekitar Kota Malang dan meluas ke arah selatan pada lembar Turen. Permukaan formasi ini didominasi oleh sebaran tufa yang keadaannya melapuk menengah sampai tinggi dan secara umum mempunyai tingkat kekuatan tanah dan batuan yang rendah. Pada formasi ini batuan yang mendominasi adalah tufa pasir, breksi tuff, breksi vulkanik dan lapisan lapuk berupa lanau lempungan. Sedangkan menurut peta Hidrogeologi, daerah penelitian merupakan daerah akuifer produktif tinggi dengan muka air tanah 5 – 15 meter.

4.1.1. Lintasan MLBR-1

Lintasan ini terletak di sisi paling utara dari Hutan Kota Malabar. Panjang bentangan lintasan MLBR-1 adalah sebesar 200 m. Arah lintasan ini adalah membujur dari barat ke timur. Pengambilan posisi dan arah lintasan ini adalah untuk mengetahui

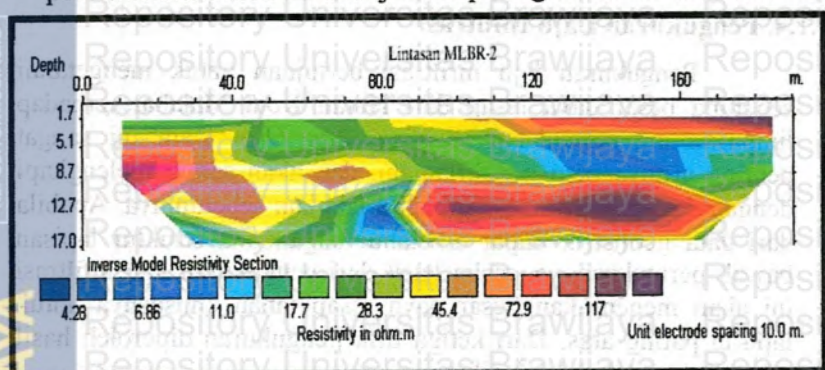
kondisi bawah permukaan pada sisi utara dari Hutan Kota Malabar. Penampang bawah permukaan pada lintasan ini berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan adalah seperti di tunjukkan pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Lintasan MLBR-1

4.1.2. Lintasan MLBR-2

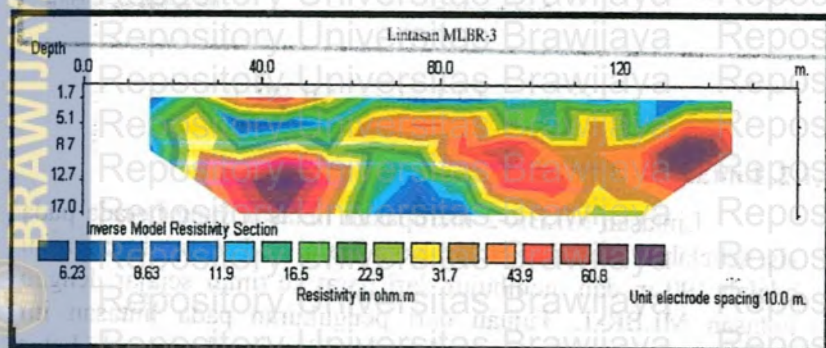
Lintasan MLBR-2 merupakan lintasan yang berada pada sisi sebelah selatan dari Hutan Kota Malabar. Panjang lintasan ini adalah 190 m dan membujur dari barat ke timur sejajar dengan lintasan MLBR-1. Tujuan dari pengukuran pada lintasan ini adalah untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada batas sebelah selatan dari Hutan Kota Malabar. Kondisi bawah permukaan lintasan ini ditunjukkan pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Lintasan MLBR-2

4.1.3. Lintasan MLBR-3

Lintasan ini merupakan lintasan yang menghubungkan antara lintasan MLBR-1 dengan lintasan MLBR-2. Lintasan ini membentang secara diagonal dari arah pojok selatan memotong lintasan MLBR-2 pada jarak 25 meter ke arah pojok timur dan memotong lintasan MLBR-1 pada jarak 155 meter. Panjang lintasan ini adalah 160 meter. Pengambilan arah bentangan ini adalah bertujuan untuk mengetahui bagaimana kesinambungan struktur lapisan bawah permukaan pada Hutan Kota Malabar mulai dari sisi sebelah utara sampai dengan sebelah selatan tanpa ada daerah yang terlewatkan. Hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan ditunjukkan pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Lintasan MLBR-3

4.1.4. Pengukuran Laju Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya resap dari Hutan Kota Malabar terhadap limpasan air permukaan (*Surface Run Off*). Data ini sangat penting artinya bagi penelitian ini, dan akan saling melengkapi dengan data geolistrik yang telah dilakukan sebelumnya. Apabila dari data geolistrik dapat diketahui bagaimana struktur lapisan bawah permukaannya, maka hasil dari pengukuran laju infiltrasi ini akan menentukan besar daya resap tanah khususnya untuk lapisan paling atas. Dari ketiga titik pengukuran diperoleh hasil sebagaimana tabel 4.1 berikut ini.



Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi

Titik	Laju Infiltrasi Rata-rata (m/jam)	Klasifikasi
1	0.24	Cepat
2	0.06	Agak cepat
3	0.26	Sangat Cepat

4.2. Interpretasi Data

4.2.1. Lintasan MLBR-1

Lintasan MLBR-1 yang berada pada sisi utara dari Hutan Kota Malabar mempunyai panjang bentangan 200 meter. Dari hasil pemodelan bawah permukaannya dapat diduga apabila lintasan ini terdiri atas tufa lanauan, tufa pasir dan lanau lempungan.

Lapisan paling atas (*top soil*) diduga berupa tufa lanauan. Pada model, lapisan ini diidentikkan dengan warna hijau yang dimulai pada jarak 50 meter sampai dengan akhir bentangan. Diperkirakan ketebalannya sampai dengan kedalaman 12.7 meter. Nilai resistivitas lapisan ini adalah antara 15.6 sampai dengan 23.2 Ohm meter.

Lapisan kedua diduga berupa tufa pasir, yang diidentikkan dengan warna kuning sampai dengan merah tua. Nilai resistivitas lapisan ini adalah 23.3 sampai dengan 37.7 Ohm meter. Pada awal lintasan, lapisan ini muncul ke permukaan sampai dengan jarak 50 meter kemudian turun sampai sekitar 5 meter dari permukaan. Di akhir lintasan posisi lapisan ini berada pada kedalaman 12.7 meter.

Lapisan ketiga diduga berupa tufa lanauan. Lapisan ini dimulai dari awal lintasan sampai dengan jarak 140 meter. Kedalamannya berada pada sekitar 5.5 sampai 17 meter.

Lapisan keempat yang berwarna biru diduga berupa lanau lempungan. Lapisan ini sempat muncul ke permukaan pada jarak 140-165 meter. Secara umum lapisan ini berada pada jarak 95 sampai 130 meter dengan kedalaman sekitar 15 meter. Nilai resistivitas lapisan ini adalah 9.56 sampai dengan 15.5 Ohm meter.

Tabel 4.2 Lintasan MLBR-1

Lapisan	Jenis batuan	Resistivitas (Ohm meter)	Jarak (meter)	Kedalaman (meter)
1	Tufa lanauan	15.6 – 23.2	50 – 190	0 – 12.7
2	Tufa pasiran	23.3 – 37.7	10 – 175	0 – 17
3	Tufa lanauan	15.6 – 23.2	10 – 140	5.5 – 17
4	Lanau lempungan	9.56 – 15.5	90 – 130	15 – 17

4.2.2. Lintasan MLBR-2

Sisi sebelah selatan dari daerah penelitian merupakan posisi dari lintasan MLBR-2 yang mempunyai panjang bentangan sejauh 190 meter. Susunan lapisan bawah permukaan pada lintasan ini diduga berupa tufa lanauan, tufa pasiran dan lanau lempungan. Kondisi lintasan ini sama seperti lintasan MLBR-1.

Lapisan pertama lintasan ini adalah tufa lanauan. Lapisan ini bermula dari awal lintasan sampai dengan jarak 82 meter. Diasosiasikan dengan warna hijau, nilai resistivitasnya adalah 14.3 sampai 36.8 Ohm meter. Kedalamannya mulai dari permukaan yang kemudian pada jarak 82 meter masuk ke bawah lapisan kedua sampai dengan kedalaman 8.7 meter. Lapisan ini disisipi oleh lapisan tufa pasiran mulai dari jarak 10 meter sampai dengan 82 meter. Lapisan tufa pasiran yang menyisip ini mulai dari kedalaman 3.5 sampai dengan 15.52 meter.

Mulai jarak 82 meter sampai ujung lintasan merupakan lapisan kedua yang diduga berupa tufa pasiran. Nilai resistivitasnya berkisar antara 36.9 sampai 117 Ohm meter. Tebalnya mulai dari permukaan sampai kedalaman 5.1 meter. Lapisan tufa pasiran ini juga berada pada jarak 10 sampai 82 meter. Namun keberadaannya tidak menyambung dengan lapisan yang keluar ke permukaan, karena diselingi oleh lapisan tufa lanauan yang berwarna hijau pada jarak 80 meter.

Lapisan ketiga adalah lanau lempungan. Terletak pada jarak 110 sampai 185 meter dibawah tufa pasiran. Lapisan ini diwakili dengan warna biru dan mempunyai nilai resistivitas sebesar 4.28 sampai 14.2 Ohm meter. Kedalamannya adalah 5.1 sampai dengan 9 meter.

Lapisan keempat adalah tufa pasir, yang terletak pada jarak 80 sampai 170 meter. Kedalaman lapisan ini adalah 8.7 sampai 17 meter. Disamping kiri lapisan ini adalah lanau lempungan, yaitu pada jarak 70 sampai 90 meter. Lapisan ini berada pada kedalaman 12.7 sampai 17 meter.

Tabel 4.3 Lintasan MLBR-2

Lapisan	Jenis batuan	Resistivitas (ohm meter)	Jarak (meter)	Kedalaman (meter)
1	Tufa lanauan	14.3 – 36.8	10 – 120	0 – 8.7
2	Tufa pasir	36.9 – 117	82 – 185	0 – 5.1
3	Lanau lempungan	4.28 – 14.2	110 – 185	5.1 – 9
4	Tufa pasir	36.9 – 117	80 – 170	8.7 – 17
5	Lanau lempungan	4.28 – 14.2	70 – 90	12.7 – 17

4.2.3. Lintasan MLBR-3

Lintasan MLBR-3 merupakan penghubung antara lintasan MLBR-1 dengan lintasan MLBR-2. Panjang bentangan lintasan ini adalah 160 meter. Struktur bawah permukaan pada lintasan ini sama dengan 2 lintasan yang lain yaitu terdiri atas tufa lanauan, tufa pasir dan lanau lempungan.

Lapisan permukaan yang berada pada jarak 20 sampai 30 meter di lintasan ini adalah tufa lanauan. Lapisan ini kemudian turun karena tertutup oleh lapisan tufa pasir pada jarak 30 sampai 55 meter, lalu muncul lagi sampai dengan jarak 65 meter. Tufa lanauan ini disisipi oleh lanau lempungan mulai dari jarak 30 sampai 135 meter. Di bawah lanau lempungan ini merupakan tufa lanauan yang memanjang di sepanjang lintasan. Lapisan berikutnya adalah tufa pasir yang dimulai dari kedalaman 3.5 meter sampai dengan 17 meter. Lapisan berikutnya adalah tufa lanauan yang berada pada jarak 60 sampai 95 meter. Tepat di bawah tufa lanauan ini adalah lanau lempungan yang dimulai dari kedalaman 12 meter sampai 17 meter. Nilai resistivitas dari tufa lanauan adalah 14.3 sampai 27.3 Ohm meter. Sementara untuk

tufa pasir dan lanau lempungan berturut-turut adalah 27.4 sampai 60.8 Ohm meter dan 6.23 sampai 14.2 Ohm meter.

Tabel 4.4 Lintasan MLBR-3

Lapisan	Jenis Batuan	Resistivitas (ohm meter)	Jarak (meter)	Kedalaman (meter)
1	Tufa pasir	27.4 – 60.8	30 – 55	0 – 3.4
2	Lanau lempungan	6.23 – 14.2	30 – 135	0 – 6.9
3	Tufa lanauan	14.3 – 27.3	15 – 145	0 – 8.7
4	Tufa pasir	27.4 – 60.8	20 – 145	3.4 – 17
5	Tufa lanauan	14.3 – 27.3	60 – 90	8.7 – 17
6	Lanau lempungan	6.23 – 14.2	65 – 85	11.5 – 17

4.2.4. Laju Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan pada 3 titik. Dari hasil pengolahan data didapatkan bahwa nilai laju infiltrasi awal yang paling besar adalah titik 3 sebesar 78 cm/jam. Berikutnya adalah titik 1 dengan 60 cm/jam dan yang paling kecil yaitu titik 2 sebesar 12 cm/jam. Laju infiltrasi awal sangat ditentukan oleh kadar air awal. Semakin rendah kadar air awal, maka akan semakin besar laju infiltrasi awalnya. Berdasarkan uji laboratorium yang dilakukan di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, kadar air awal untuk masing-masing titik 1, 2 dan 3 adalah sebesar 0.422, 0.528 dan 0.394. Rendahnya kadar air awal dikarenakan penutupan lahan yang kurang rapat sehingga evaporasi yang terjadi menjadi lebih besar yang pada akhirnya dapat menurunkan kadar air awal.

Laju infiltrasi dari setiap titik juga mengikuti tren laju infiltrasi awalnya. Setelah dilakukan pengolahan data dapat diketahui bahwa laju infiltrasi paling besar adalah titik 3 sebesar 0.26 m/jam, kemudian titik 1 sebesar 0.24 m/jam dan yang paling kecil adalah titik 2 sebesar 0.06 m/jam. Dengan semakin besarnya laju infiltrasi, ini berarti akan semakin banyak air yang dapat meresap ke dalam tanah.

4.3. Pembahasan

Secara umum hampir semua lintasan menunjukkan kondisi bawah permukaan yang mirip (homogen). Struktur bawah permukaan Hutan Kota Malabar secara keseluruhan tersusun atas tufa lanauan, tufa pasir dan lanau lempungan. Hal ini sangat beralasan karena lokal daerah penelitian yang tidak terlalu luas serta kondisi dari permukaan Hutan Kota Malabar sendiri yang rata dan tidak menunjukkan adanya perbedaan keadaan dari setiap jengkal wilayahnya.

Daerah resapan yang baik adalah suatu daerah yang mempunyai kemampuan untuk meresapkan air (infiltrasi) dalam jumlah yang relatif besar, sehingga tidak sampai terjadi limpasan air di permukaan. Limpasan air permukaan inilah yang biasanya dapat menyebabkan terjadinya banjir. Batuan yang mempunyai daya resap tinggi adalah pasir, kerikil dan kerakal. Sementara batuan yang daya resapnya rendah adalah lempung. Oleh karena itu apabila suatu daerah mengandung banyak lempung, maka daerah tersebut kurang baik dalam meresapkan air. Demikian pula sebaliknya jika didominasi oleh pasir, kerikil dan kerakal, maka daerah tersebut sangat tepat untuk dijadikan sebagai daerah resapan air.

Permukaan Hutan Kota Malabar rata-rata didominasi oleh sebaran tufa lanauan. Tufa lanau merupakan tufa yang tercampur oleh lanau. Lapisan ini mempunyai daya resap yang baik karena sifat fisiknya yang kurang padu dan mudah pecah. Berada di bawah tufa lanauan adalah tufa pasir. Lapisan ini mempunyai daya resap air yang lebih baik daripada tufa lanauan. Tufa pasir berarti tufa yang mengandung pasir. Besarnya daya resap lapisan ini karena sifat fisis dari penyusun lapisan ini yang tepat untuk resapan air. Pasir merupakan material yang mempunyai kemampuan meresapkan air cukup tinggi. Pasir sendiri termasuk dalam jenis lapisan *permeable* (menyerap air) karena memiliki porositas dan permeabilitas yang besar. Lapisan yang kurang baik untuk resapan adalah lanau lempungan. Lapisan ini mempunyai porositas yang besar tapi permeabilitasnya kecil, sehingga mampu untuk menampung air tanpa bisa untuk mengalirkannya lagi. Lanau lempungan digolongkan kedalam lapisan kedap air (*impermeable*) yaitu lapisan yang sulit untuk mengalirkan air.



Kondisi Hutan Kota Malabar berdasarkan pengukuran laju infiltrasi yang dilakukan dapat dikatakan mempunyai kemampuan resapan yang sangat baik. Dari 3 titik yang dilakukan pengukuran laju infiltrasi diperoleh hasil titik 3 mempunyai laju infiltrasi yang sangat cepat, titik 1 cepat serta titik 2 laju infiltrasinya termasuk dalam klasifikasi agak cepat. Hasil ini membuktikan apabila Hutan Kota Malabar merupakan kawasan yang mampu menyerap air dalam jumlah yang cukup besar. Kemampuan ini selain dikarenakan struktur bawah permukaannya yang baik untuk resapan air, juga didukung oleh tumbuh-tumbuhan yang berada di sana. Tumbuh-tumbuhan akan membantu penyerapan air untuk konsumsinya yaitu proses fotosintesis, sedangkan akarnya akan memecah dan membuat retakan-retakan pada tanah sehingga dapat menjadi tempat untuk menyerap dan menampung air.

Keberadaan lapisan lanau lempungan pada struktur lapisan bawah permukaan Hutan Kota Malabar memiliki keuntungan tersendiri. Meskipun kemampuan resapannya kecil, namun dengan adanya lapisan ini, akan terjadi penyaringan (perkolasi) terhadap air yang akan masuk ke dalam sistem akuifer bawah permukaan. Dengan demikian air yang berada pada akuifer akan berada dalam kondisi yang baik dan tidak sampai tercemar akibat masuknya material asing lewat air yang meresap ke dalamnya. Berdasarkan hasil pendugaan-pendugaan ini maka pemilihan lokasi Hutan Kota Malabar sebagai daerah resapan air sudah tepat, dan nilai efektifitas keberadaannya juga sangat baik.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hujan yang turun akan menyebabkan tumbuhan atau tanah yang gundul menjadi basah. Apabila penutup tanah itu telah benar-benar basah, hujan berikutnya akan menembus lapisan permukaan jika permukaan itu memang dapat meluluskan air. Namun apabila permukaan itu ternyata kedap, maka air akan melimpas lewat permukaan. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa :

1. Kondisi bawah permukaan Hutan Kota Malabar diduga tersusun atas beberapa jenis batuan, yaitu tufa lanauan, tufa pasir dan lanau lempungan.
2. Nilai resistivitas dari masing-masing jenis batuan yang terukur di lokasi penelitian adalah tufa lanauan 14.3 – 36.8 Ohm meter, tufa pasir 23.3 – 117 Ohm meter dan lanau lempungan 4.28 – 15.5 Ohm meter.
3. Pengukuran laju infiltrasi yang dilakukan di 3 titik diperoleh hasil titik 1 sebesar 0.29 m/jam, titik 2 sebesar 0.1 m/jam dan titik 3 sebesar 0.35 m/jam. Nilai tersebut dalam klasifikasi termasuk sangat cepat untuk titik 1 dan 3 serta agak cepat untuk titik 2.
4. Tufa lanauan yang secara umum merupakan lapisan paling atas memiliki kemampuan menyerap air (infiltrasi) yang cukup besar. Dari lapisan ini air akan masuk ke tufa pasir sebagai lapisan berikutnya yang mampu untuk meresapkan air dalam jumlah yang jauh lebih besar lagi. Berikutnya air akan sedikit tertahan dan mengalami penyaringan (perkolasi) oleh lapisan lanau lempungan untuk akhirnya dapat masuk kedalam sistem akuifer bawah permukaan yang lebih dalam.
5. Hutan Kota Malabar yang telah ditetapkan sebagai daerah resapan air terbukti memiliki kemampuan yang sangat baik sebagai daerah resapan air.



5.2. Saran

Sebagai langkah kedepan maka dapat dicoba untuk melakukan penelitian geolistrik resistivitas 3 Dimensi. Dengan mengetahui model 3 dimensinya akan dapat digunakan untuk menghitung perkiraan kandungan air yang mampu ditampung oleh Hutan Kota Malabar. Bagi pemerintah perlu melakukan penetapan daerah-daerah lain yang berpotensi untuk dijadikan sebagai daerah resapan air sesuai dengan kemajuan kota demi menjaga keseimbangan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S., 1980, *Pengawetan Tanah dan Air*, IPB, Bogor.
- Arsyad, S., 1989, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB, Bogor.
- Asdak, Chay, 2000, *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*, UGM Press, Yogyakarta.
- Bond, W.J., N.C. George, 1981, *Ponded Infiltration Into Simple Soil System*, Soil. Sci. J: 131 94:202-209.
- Bowles, Joseph, E., 1993, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Dobrin, Milton B., 1998, *Introduction to Geophysical Prospecting*, edisi ke-4, Mc Graw Hill Book, Co. Singapore.
- <http://www.bonet.co.id/dephut/HKOTA4.HTM>., tanggal akses : 2 Mei 2005.
- Landon, J.R., 1984, *Booker Tropical Soil Manual*, Booker Agriculture International Limited, New York.
- Loke, D.R. M.H and Barker R.D., 1996, *Rapid Least-squares Inversion of Apparent. Resistivity Pseudosection by Quasi-Newton Method*. *Geophysics Prospecting* 44, 131-152.
- Munir, M., 2003, *Geologi Lingkungan*, Bayumedia, Malang.
- Parasnis, D.S., 1972, *Principles of Applied Geophysics*, Chapman and Hall Ltd. London.
- Reynold, J.M., 1997, *an Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Willey And Son, New York.
- Robinson, Coruh, 1988, *Basics Exploration Geophysics*, John Willey And Son Inc., Canada.
- Santoso, Budi, 1989, *Pelestarian Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup*, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Unibraw, Malang.
- Santoso, Djoko, 2002, *Pengantar Teknik Geofisika*, ITB, Bandung.
- Seyhan, Ersin, 1990, *Dasar-Dasar Hidrologi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Smith, K.A. dan C.E., Mullins, 2001, *Soil and Environmental Analysis*, 2nd edition, Marcel Dekker Inc. New York.
- Soepardi, G., 1983, *Sifat dan Ciri Tanah*, IPB, Bogor.
- Srijatno, 1980, *Geofisika Terapan*, Departemen fisika ITB, Bandung.

Telford, Geldart and Sheriff, 1976, *Applied Geophysics*, 2nd edition, Cambridge University Press, New York.

Todd, D.K., 1980, **Ground Water Hidrology**, John Wiley & Sons, 2nd edition, New York.

Utomo, W.H., 1993, *Erosi dan Konservasi tanah*, IKIP, Malang.

Verhoef, P.N.W., 1989, *Geologi Untuk Tekniik Sipil*, Erlangga, Jakarta.

Vingoe, P., 1972, **Electrical Resistivity Surveying**, Geophysical Memorandum.

Wesley, L.D., 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.