

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Airtanah

Airtanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi (Bisri, 1988:2). Sebagian besar airtanah berasal dari air permukaan yang meresap masuk kedalam tanah, dan merupakan bagian dari siklus hidrologi. Kandungan airtanah di suatu daerah dapat dipengaruhi oleh kondisi susunan lapisan geologi bawah permukaan di daerah tersebut terutama berkaitan dengan porositas batuan. (Suharyadi, 1984:12).

2.1.1 Terjadinya Airtanah

1. Asal Airtanah

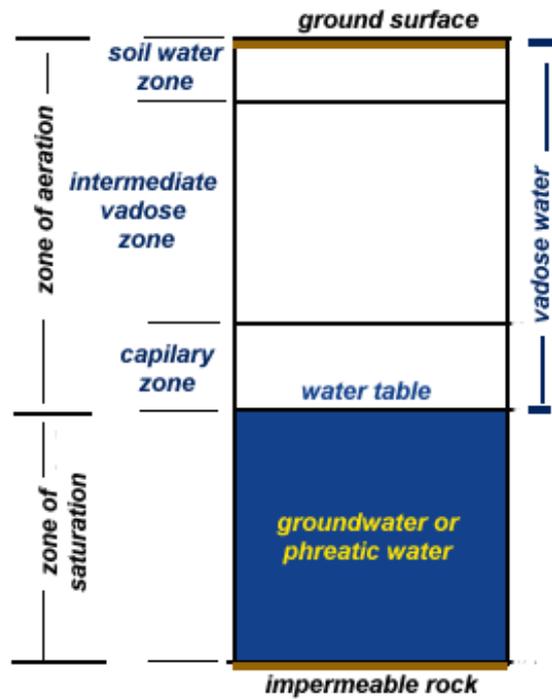
Hampir semua airtanah dapat dianggap sebagai bagian dari daur hidrologi, termasuk air permukaan dan air atmosfer. Sejumlah kecil airtanah yang berasal dari sumber lain dapat pula masuk dalam daur tersebut (Bisri, 1988:3). Daur hidrologi adalah serangkaian proses sirkulasi air di bumi yang berlangsung secara alami, berulang dan terus menerus. Proses tersebut dimulai dari penguapan, pembentukan awan di atmosfer, turunnya hujan ataupun salju ke lautan dan permukaan tanah, terbentuknya airtanah dan air permukaan, yang selanjutnya mengalami penguapan dan kembali lagi ke atmosfer. Dengan mencermati daur hidrologi ini maka airtanah merupakan bagian dari suatu sistem sirkulasi air di bumi dan termasuk bahan yang tidak habis pakai atau selalu dapat diperbaharui.

2. Penyebaran Vertikal Airtanah

Distribusi airtanah secara vertikal di bawah permukaan tanah dibagi menjadi dua yaitu zona jenuh dan zona tidak jenuh. Zona tidak jenuh terdiri dari zona air dangkal (*soil water zone*), zona antara (*intermediate vadoze water zone*) dan zona kapiler (*capillary water zone*). Penyebaran vertikal air tanah disajikan dalam Gambar 2.1.

a. Zone Jenuh

Dalam zona jenuh (*Zone of Saturation*) semua rongga-rongga atau pori-pori berisi air. Bagian bawah dari zona jenuh merupakan lapisan kedap air dan dapat berupa tanah liat atau batuan dasar (*bedrock*) (Bisri, 1988:4). Air yang berada dalam zona jenuh dinamakan airtanah. Air yang ditampung dalam zona ini adalah air yang ditahan oleh lapisan setempat terhadap gaya gravitasi.



Gambar 2.1 Penyebaran vertikal airtanah

Sumber: http://geocities.ws/Eureka/Gold/1577/hg_dasar.html

b. Zona Tidak Jenuh

Zona tidak jenuh (*zone of aeration*) terletak di atas zona jenuh sampai ke permukaan tanah sedangkan air yang berada di dalam zona tidak jenuh dinamakan air mengambang atau air dangkal. Zona tidak jenuh terdiri dari zona dangkal, zona antara dan zona kapiler.

a) Zona Kapiler

Zona kapiler (*Capillary Zone*) berada diantara permukaan airtanah sampai ke batas kenaikan kapiler air. Beberapa penelitian telah mempelajari kenaikan dan distribusi air dalam zona kapiler dari sudut media berpori. Jika ruang porinya dapat diandaikan sebagai pipa kapiler dengan kenaikan kapiler, makin tinggi kenaikannya di atas permukaan airtanah maka kadar kejenuhannya makin menurun (Soemarto, 1987:165).

b) Zona Antara

Zona antara (*Intermediate Vadoze Zone*) terletak di antara batas bawah zona air dangkal sampai dengan batas atas zona kapiler. Tebal dari zona antara sangat beragam dan berguna untuk mengalirnya air ke bawah sampai ke muka airtanah (Soemarto, 1987:165).

c) Zona Air Dangkal

Zona air dangkal (*Soil Water Zone*) dimulai dari permukaan tanah sampai ke zona perakaran utama (*major root zone*). Tanah di zona air dangkal dalam keadaan tidak jenuh kecuali bila terdapat banyak air di permukaan tanah seperti berasal dari curah hujan dan irigasi.

2.1.2 Sifat Batuan Yang Mempengaruhi Airtanah

Berdasarkan perlakuan terhadap air tanah, yang terutama tergantung pada sifat fisik tekstur dari batuan dapat dibedakan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu:

1. Akuifer

Akuifer (*aquifer*) merupakan suatu lapisan yang mempunyai susunan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air yang cukup berarti di bawah kondisi lapangan. Contoh: pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang-lubang, lava yang retak-retak, dsb.

2. Akuiklud

Akuiklud (*Aquiclude*) merupakan suatu lapisan yang mempunyai susunan batuan sedemikian rupa sehingga dapat menampung air tetapi tidak dapat melepaskan air dalam jumlah yang cukup berarti. Hal ini terjadi karena nilai konduktifitasnya kecil sekali. Contoh : lempung, *shale*, tufa halus, *silt* dan berbagai batuan yang berukuran lempung.

3. Akuifug

Akuifug (*Aquifuge*) merupakan suatu lapisan yang mempunyai susunan batuan sedemikian rupa sehingga tidak dapat menampung maupun melepaskan air (sama sekali kedap terhadap air). Contoh : granit, batuan-batuan yang kompak, keras, padat.

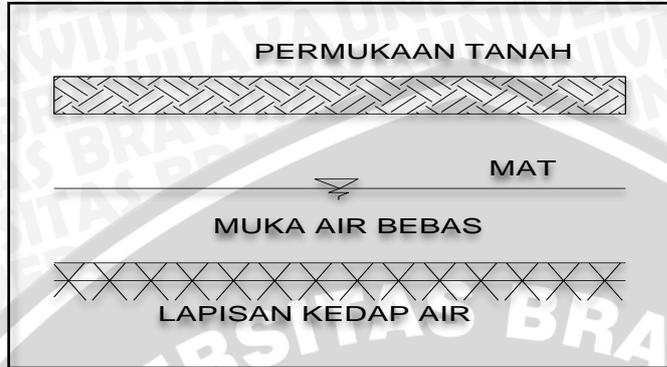
4. Akuitar

Akuitar (*Aquitards*) merupakan suatu lapisan yang memiliki susunan sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan air tetapi hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah terbatas. Akuitar terletak diantara akuifer dengan akuiklud.

Bagian batuan yang tidak terisi oleh bagian padatnya (butirnya) akan diisi oleh airtanah. Ruang-ruang tersebut dinamakan rongga-rongga (*voids, interstices*) atau pori-pori. Untuk mengetahui keadaan dan kedudukan airtanah harus diketahui daerah geologinya. Berdasarkan susunan lapisan geologi dan harga kelulusan air (K), akuifer dapat dibedakan menjadi 4 macam (Bisri, 1988:5) yaitu:

a. Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)

Akuifer bebas adalah suatu akuifer dimana muka airtanah merupakan bidang batas sebelah atas dari pada daerah jenuh air. Akuifer ini disebut juga *phreatic aquifer/non artesian aquifer/free aquifer*.



Gambar 2.2 Akuifer bebas
Sumber: Bisri (1988:6)

b. Akuifer Terkekang (*Confined Aquifer*)

Akuifer terkekang adalah suatu akuifer dimana air tanah terletak dibawah lapisan kedap air (*impermeable*) dan mempunyai tekanan yang lebih besar daripada tekanan atmosfer (Bisri, 1988:6). Disebut juga *pressure aquifer / artesian aquifer*.



Gambar 2.3 Akuifer Terkekang
Sumber: Bisri (1988:6)

c. Akuifer Bocor atau Akuifer Setengah Terkekang

Yaitu suatu akuifer yang sepenuhnya jenuh air dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air dan bagian bawah terletak pada suatu dasar yang kedap air (Bisri, 1988:6).



Gambar 2.4 Akuifer Setengah Terkekang
Sumber: Bisri (1988:7)

d. Akuifer Menggantung (*Perched Aquifer*)

Yaitu akuifer yang mempunyai massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk oleh suatu lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak diatas daerah jenuh air (Bisri, 1988:7).



Gambar 2.5 Akuifer Menggantung
Sumber: Bisri (1988:7)

2.1.3 Ketersediaan Airtanah

Airtanah mengalir dari daerah yang lebih tinggi menuju daerah yang lebih rendah dengan akhir perjalanannya menuju lautan. Disiplin ilmu yang berkaitan dengan ketersediaan airtanah adalah hidrogeologi. Hidrogeologi merupakan perpaduan antara ilmu geologi dan ilmu hidrolika. Hidrogeologi secara definitif dapat dikatakan merupakan suatu studi dari interaksi antara kerja kerangka batuan dan airtanah (Kodoatie, 1996:7). Dalam ilmu hidrogeologi, gerakan air di dalam tanah melalui sela-sela dari kerangka batuan dikenal juga dengan istilah aliran airtanah (*groundwater flow*).

Pengetahuan hidrogeologi suatu daerah akan memberikan pemahaman tentang sumber daya airtanah yang paling tidak mencakup empat batasan, yaitu ruang atau wadah, jumlah, mutu dan sumber daya air itu sendiri. Pengetahuan hidrogeologi juga melakukan kuantifikasi sumber daya airtanah di suatu cekungan dan bahkan dapat memberikan ramalan jumlah airtanah pada suatu kurun waktu tertentu dalam berbagai cara pengambilan. Yang tidak kalah penting pengetahuan hidrogeologi dapat memberikan

gambaran mutu sumber daya airtanah yang tersimpan atau melalui suatu wadah tertentu.

Banyaknya kandungan air tanah disuatu daerah tergantung pada:

1. Iklim/musim/banyaknya curah hujan
2. Banyak sedikitnya tumbuh-tumbuhan
3. Topografi
4. Derajat celah batuan

2.2 Pendugaan Struktur Geologi

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi lapisan geologi bawah permukaan diantaranya:

a. Metode Seismik

Dalam metode seismik penyelidikan didasarkan pada kecepatan rambat dari getaran suara, yang tergantung dari kerapatan material dan massa. Metode seismik sendiri terdiri dari metode refraksi seismik dan metode refleksi seismik.

b. Metode Geolistrik

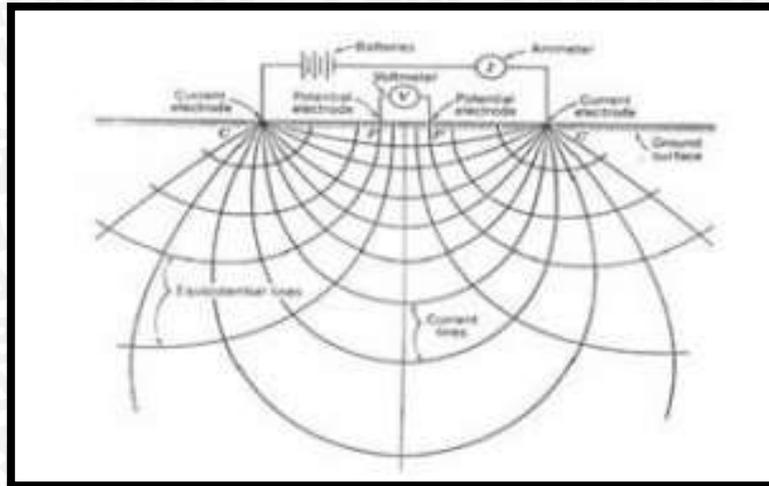
Pada metode geolistrik penyelidikan didasarkan pada variasi vertikal dan horizontal yang menyangkut perubahan dalam hantaran elektrik suatu arus listrik. Metode ini banyak digunakan dalam penentuan struktur geologi, ketebalan lapisan penutup, kadar kelembaban tanah dan permukaan airtanah.

c. Metode Magnetik

Metode magnetik merupakan salah satu bentuk pengukuran terhadap variasi dalam medan magnetik bumi. Metode ini banyak digunakan dalam pencarian material magnetik dalam lingkungan yang tidak magnetis atau sebaliknya.

2.2.1 Pendugaan Airtanah Menggunakan Geolistrik

Pada penelitian ini untuk mengetahui tingkat kerentanan polusi airtanah menggunakan alat geolistrik. Penyelidikan airtanah secara tidak langsung dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah penyelidikan geofisika. Untuk kepentingan airtanah sering digunakan metode geolistrik, karena lebih mudah dan murah. Dengan geolistrik dapat diukur harga tahanan jenis dari lapisan batuan lokasi tertentu. Secara umum cara kerja alat geolistrik ini dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah.



Gambar 2.6. Cara kerja alat Geolistrik

Sumber : <http://conoscenzano.wordpress.com/2010/05/23/metode-geolistrik>

Harga tahanan jenis batuan tergantung macam materialnya, densitas, porositas batuan, kandungan air, sifat air dan suhu. Dengan demikian tidak ada kepastian harga tahanan jenis untuk setiap batuan. Batuan beku dan batuan malihan mempunyai harga tahanan jenis berkisar antara 10^2 sampai dengan 10^8 Ohmmeter. Batuan endapan dan batuan malihan yang lepas mempunyai harga tahanan jenis berkisar antara 1 sampai dengan 10^4 Ohmmeter.

Akuifer berupa material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan air semakin besar kandungan garamnya (misalnya air asin). Mineral lempung bersifat menghantarkan arus listrik sehingga tahanan jenisnya akan kecil.

Cara kerja metode geolistrik ini didasarkan pada sifat-sifat listrik dari batuan penyusun kerak bumi. Alat ini sering digunakan untuk memetakan penyebaran akuifer. Alat untuk pendugaan geolistrik lebih dikenal dengan nama *resistivity meter* yang ditampilkan pada gambar 2.7. Dengan mengalirkan arus listrik ke bumi lewat elektroda yang dipasang dan dicatat pula tegangan yang ditimbulkan oleh arus tersebut, maka dapat ditutup besaran tahanan jenis setiap kedalaman yang diinginkan, maka jarak antar elektroda diubah, dimana semakin jauh jarak antara elektroda maka semakin dalam tahanan jenis batuan yang didapat.

Metode pendugaan geolistrik pada lokasi tertentu akan menghasilkan penampang tahanan jenis. Dari penampang tahanan jenis dapat ditarik kesimpulan mengenai lapisan batuan daerah tersebut. Kemudian pendugaan geolistrik akan diinterpretasikan dalam dua tahap :

1. Menentukan penampang tahanan jenis
2. Interpretasi geologi.

Untuk tahap kedua yaitu adanya perbandingan hasil interpretasi dengan peta penampang hidrogeologi dari pemboran sebelumnya.



Gambar 2.7. Alat *resistivity meter*
Sumber : Dokumentasi Lapangan

2.2.2 Tahanan Jenis Batuan

Tahanan jenis atau resistivitas, dapat ditentukan menggunakan hukum Ohm:



Gambar 2.8. Arus listrik merata dan sejajar dalam sebuah silinder dengan beda potensial antara kedua ujungnya. (Sumber, Waluyo, 1984 : 149)

$$\rho = \frac{A \times \Delta V}{I \times L} \quad (2-1)$$

- Dimana:
- ρ = Tahanan Jenis (Ohm-m)
 - V = Tegangan (Volt)
 - I = Arus listrik yang melewati bahan berbentuk silinder (Ampere)
 - A = Luas Penampang (m^2)
 - L = Panjang (m)

Menurut (Telford *et al.*, 1990) aliran arus listrik di dalam batuan dapat digolongkan menjadi tiga macam besarnya dipengaruhi oleh porositas batuan dan juga dipengaruhi oleh jumlah air yang terperangkap dalam pori-pori batuan, yaitu :

1. Konduksi elektronik jika batuan mempunyai elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan oleh elektron-elektron bebas.

2. Konduksi elektrolit terjadi jika batuan bersifat porous dan pori-pori terisi oleh cairan elektrolit. Pada konduksi ini arus listrik dibawa oleh lektrolit.
3. Konduksi dielektrik terjadi jika batuan bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik yaitu terjadi polarisasi saat bahan dialiri arus listrik.

Tabel 2.1. Harga Tahanan Jenis Berbagai Mineral, Batuan Maupun Fluida.

Material Bumi	Resistivitas Semu (Ω -m)	Material Bumi	Resistivitas Semu (Ω -m)
<i>Logam</i>		<i>Batuan sedimen</i>	
Tembaga	$1,7 \times 10^{-8}$	Batu Lempung	$10 - 1 \times 10^3$
Emas	$2,4 \times 10^{-8}$	Batu Pasir	$1 - 1 \times 10^8$
Perak	$1,6 \times 10^{-8}$	Batu Gamping	$50 - 1 \times 10^7$
Grafit	1×10^{-3}	Dolomit	$100 - 1 \times 10^4$
Besi	1×10^{-7}		
Nikel	$7,8 \times 10^{-8}$	<i>Sedimen Lepas</i>	
Timah	$1,1 \times 10^{-7}$	Pasir	$1 - 1 \times 10^3$
		Lempung	$1 - 1 \times 10^2$
<i>Batuan Kristalin</i>		<i>Airtanah</i>	
Granit	$10^2 - 10^6$	Air Sumur	$0,1 - 1 \times 10^3$
Diorit	$10^4 - 10^5$	Air Payau	0,3 - 1
Gabbro	$10^3 - 10^6$	Air Laut	0,2
Andesit	$10^2 - 10^4$	Air Asin (Garam)	0,05 - 0,2
Basalt	$10 - 10^7$		
Sekis	$10 - 10^4$		
Gneiss	$10^4 - 10^6$		

(Sumber: Waluyo, 1984 : 179)

Tabel 2.2. Harga Resistivitas Spesifik Batuan

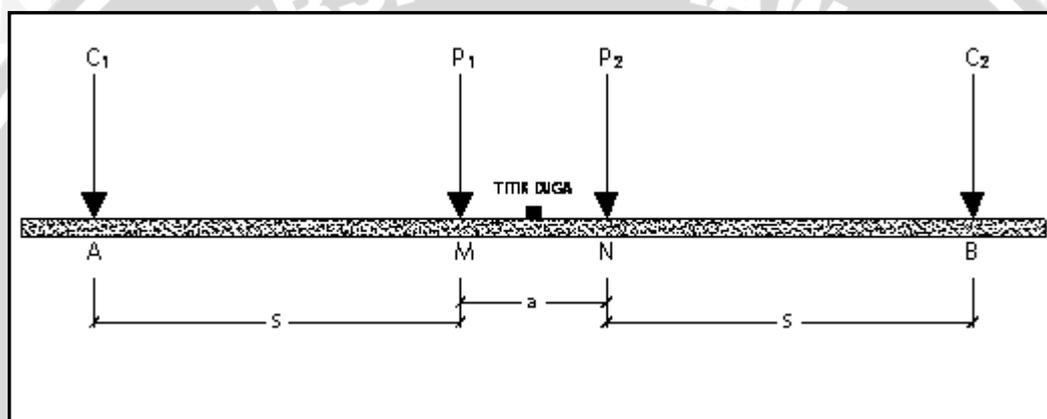
Material	Harga resistivitas (M)
Air Permukaan	80-200
Air Tanah	30-100
Silt-lempung	10-200
Pasir	100-600
Pasir dan Kerikil	100-1000
Batu Lumpur	20-200
Batu Pasir	50-500
Konglomerat	100-500
Tufa	20-200
Kelompok Adesit	100-2000
Kelompok Granit	1000-10000
Tanah Lempung	1,5-3,0
Lempung Lanau	3,0-15
Tanah Lanau Pasiran	15-150
Batuan Dasar Lembab	150-300
Pasir Kerikil Kelanauan	300
Batuan Dasar Tak lapuk terdapat Air Tawar	2400
Air Asin	20-200
Kelompok Chert, Slate	0,18-0,24
Unconsolidated Sedimen	
Sand	1-1000
Clay	1-100
Marl	1-100
Ground Water	
Portable well water	0,1-1000
Breckish water	0,3-1
Sea Water	0,05-0,2

(Sumber: Telford *et al.*, 1990)

Secara teknis hubungan antara besarnya nilai tahanan jenis dengan macam batuan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai tahanan jenis batuan yang lepas lebih rendah dari batuan yang kompak.
2. Nilai tahanan jenis batuan akan lebih rendah, jika airtanah berkadar garam tinggi.
3. Tidak terdapat batas yang jelas antara nilai tahanan jenis dari tiap-tiap batuan.
4. Tahanan jenis batuan dapat berbeda secara menyolok, tidak saja dari lapisan yang satu terhadap lapisan yang lain, tetapi juga didalam satu lapisan batuan.
5. Batuan yang pori-porinya mengandung air, hambatan jenisnya lebih rendah dari yang kering. Kandungan air didalam batuan akan menunjukkan harga resistivitas.

2.2.3 Konfigurasi Schlumberger



Gambar 2.9. Konfigurasi Schlumberger

Pada konfigurasi schlumberger terdapat kelebihan dan kekurangan, sebagai kelebihannya, pada konfigurasi schlumberger dapat secara signifikan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *sounding* karena pada elektroda arusnya harus dipindahkan untuk kebanyakan pembacaan dan juga efek dari variasi lateral dalam resistivitasnya di dekat permukaan dapat dikurangi karena elektroda potensial yang tersisa berada pada posisi yang tetap/tidak berubah.

Sedangkan untuk kekurangan dari konfigurasi schlumberger adalah membutuhkan *voltmeter* yang sangat sensitive untuk spasi elektroda arus yang besar, karena spasi pada elektroda potensialnya kecil bila dibandingkan spasi elektroda arus. Selain itu juga secara umum interpretasi yang didasarkan pada DC *sounding* akan terbatas untuk disederhanakan, yaitu pada struktur lapisan horizontal.

2.2.4 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner dikembangkan oleh Wenner di Amerika yang ke-empat buah elektroda-nya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Jarak MN pada

konfigurasi Wenner selalu sepertiga ($1/3$) dari jarak AB. Bila jarak AB diperlebar, maka jarak MN juga harus diubah sehingga jarak MN tetap sepertiga jarak AB. Keunggulan dari konfigurasi Wenner ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil.

Data yang didapat dari cara konfigurasi Wenner, sangat sulit untuk menghilangkan faktor non homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.

2.2.5 Tahanan Jenis Semu

Menurut Robinson (1998) terdapat beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam metode resistivitas (tahanan jenis semu) antara lain :

1. Bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan yang dibatasi oleh bidang batas horizontal serta terdapat perbedaan resistivitas antara bidang batas perlapisan batuan.
2. Lapisan batuan bersifat homogen isotropik dan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali untuk lapisan terbawah mempunyai ketebalan yang tidak terhingga.
3. Batas antara dua lapisan merupakan bidang batas antara dua hambatan jenis yang berbeda.
4. Dalam bumi tidak ada sumber arus listrik searah yang diinjeksikan diatas permukaan bumi.

Pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan ρ yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur seolah-olah merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja (terutama untuk spasi yang lebar). Resistivitas semu ini dirumuskan dengan (Sumber: Bisri, 1988 : 10) :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2-2)$$

dengan:

- ρ_a : resistivitas semu (Ohm-m)
 K : faktor geometri
 ΔV : beda potensial pada MN (Volt)
 I : kuat arus (Ampere)

Oleh karena itu resistivitas yang diperoleh dari persamaan konfigurasi schlumberger bukan merupakan resistivitas yang sebenarnya, melainkan resistivitas semu atau *apparent resistivity* (ρ_a). Untuk jarak antar elektroda arus kecil, akan memberikan nilai ρ_a yang harganya mendekati ρ batuan di dekat permukaan.

Resistivitas semu yang dihasilkan oleh setiap konfigurasi yang berbeda akan berbeda nilainya walaupun jarak antar elektrodanya sama. Untuk medium yang berlapis, harga resistivitas semu merupakan fungsi jarak antara elektroda arus.

2.2.6 Interpretasi Geolistrik

Dasar interpretasi geolistrik resistivitas yang digunakan hingga saat ini umumnya berdasarkan atas nilai tahanan jenis yang kemudian menafsirkan kedalaman batuan-batuan tertentu sesuai dengan sifat dan kondisi geologinya. Tujuan dari interpretasi geolistrik resistivitas adalah untuk mendapatkan harga tahanan jenis sebenarnya dan ketebalan masing-masing lapisan batuan.

2.3 Paket Program IPI2WIN

2.3.1 IPI2WIN

IPI2WIN merupakan sebuah software yang didesain untuk mengolah data *Vertical Electric Sounding* dan atau *Induced Polarization* secara otomatis dan semifigurasi rentangan yang umum dikenal dalam pendugaan geolistrik. Program ini dirancang oleh *Moscow State University*. *IPI2WIN* digunakan untuk memecahkan masalah-masalah geologi sesuai dengan kurva pendugaan yang dihasilkan. Dengan target mendapatkan hasil yang dapat diinterpretasikan secara geologi merupakan keunggulan *IPI2WIN* daripada program inverse lainnya. Beberapa keuntungan yang utama dari software *IPI2WIN* adalah penafsiran manual dan berubah parameter model pada model yang berbeda. Aplikasi *IPI2WIN* ini juga digunakan untuk mencari resistivitas lapisan bawah tanah yang nyata dengan metode *INVERSE*.

Perbandingan antara *Matching Curve* dengan *IPI2WIN* jika dilihat dari perhitungan yang dilakukan secara manual yaitu dengan metode *Matching Curve*, parameter ketebalan dan *true resistivity* dihitung satu persatu dari ujung awal kurva dengan memotong bagian kurva menjadi beberapa bagian. Umumnya hasil perhitungan secara manual memberikan hasil yang kurang optimal dan bila dilihat angka kesalahannya diatas 10%. Program *IPI2WIN* kemudian mengoreksi kombinasi nilai ketebalan dan *true resistivity* untuk mendapatkan angka kesalahan (*RMS error*) terkecil setelah terjadi sekian (bisa sampai ribuan) kali iterasi. Angka kesalahan terkecil ini tergantung pada kualitas data lapangan serta banyaknya parameter yang dimasukkan. Bila hasil perhitungan masih menunjukkan nilai kesalahan yang relative besar, akan dicoba dengan menambah atau mengurangi jumlah parameter yang dimasukkan dan proses perhitungan dimulai lagi.

2.4 Pencemaran

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982).

Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Suatu zat dapat disebut polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal, berada pada waktu yang tidak tepat dan berada pada tempat yang tidak tepat. Sedangkan sifat polutan adalah:

1. Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi
2. Merusak dalam jangka waktu lama. Contoh: Pb tidak merusak bila konsentrasinya rendah. Akan tetapi dalam jangka waktu yang lama, Pb dapat terakumulasi dalam tubuh sampai tingkat yang merusak.

2.4.1. Kerentanan Airtanah Terhadap Pencemaran

Kerentanan airtanah adalah kemampuan dari sistem airtanah yang tergantung dari tingkat sensitifitas sistem tersebut terhadap alam dan terhadap aktivitas manusia. Hampir semua sumber airtanah memiliki tingkat kerentanan terhadap pencemaran (polusi) yang bervariasi.

Pencemaran yang terjadi pada airtanah tersebut maka akan sulit dilakukan pemulihan kualitasnya. Kualitas airtanah dipengaruhi oleh ada atau tidaknya zat pencemar yang masuk ke airtanah dan kondisi fisik daerah tersebut. Hal ini disebabkan airtanah terdapat pada lapisan tanah deatau batuan di bawah permukaan tanah, sehingga mempengaruhi tingkat kerentanan airtanah terhadap suatu pencemaran. Ketika limbah cair dibuang ke tanah, partikel tanah berfungsi sebagai filter, mencegah kandungan limbah yang berukuran besar dan meloloskan cairan untuk meresap ke dalam tanah. Zat berbahaya yang terlarut dalam air ikut meresap ke dalam tanah mencemari air tanah yang ada.

Pencemaran air tanah berbeda dengan pencemaran air permukaan seperti sungai dan danau karena beberapa fenomena berikut:

1. Pada umumnya air tanah bergerak relatif lambat dibanding air permukaan (sekitar 30 cm per hari), dan tidak banyak bercampur dengan air atau bahan lainnya selama

pergerakannya, sehingga tidak terjadi pengenceran zat pencemar sebagaimana pada air sungai.

2. Air tanah tidak memiliki akses terhadap udara bebas sebagaimana air permukaan, sehingga oksidasi yang memurnikan dan menetralkan racun yang terjadi pada air permukaan tidak akan terjadi pada lapisan akuifer di kedalaman.

Oleh sebab itu, pencemaran air tanah resapan maupun air tanah dalam, pada volume dan konsentrasi yang sama, relatif lebih merugikan dan lebih berbahaya dibanding pencemaran pada air tanah permukaan.

2.5 Pengukuran Infiltrasi Menggunakan *Infiltrometer*

Infiltrometer dalam bentuk yang paling sederhana terdiri atas tabung baja yang ditekankan kedalam tanah. Permukaan tanah di dalam tabung diisi air. Tinggi air dalam tabung akan menurun, karena proses infiltrasi. Kemudian banyaknya air yang ditambahkan untuk mempertahankan tinggi air dalam tabung tersebut harus diukur. Makin kecil diameter tabung makin besar gangguan akibat aliran ke samping di bawah tabung. Dengan cara ini infiltrasinya dapat dihitung dari banyaknya air yang ditambahkan kedalam tabung sebelah dalam per satuan waktu.



Gambar 2.10 Alat Ukur Infiltrasi (*Infiltrometer*)
Sumber : Dokumentasi

2.7 Metode *DRASTIC*

2.7.1 Definisi

DRASTIC adalah suatu sistem yang dikembangkan oleh *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)* pada tahun 1980 untuk memetakan kerentanan suatu akuifer yang terkena polusi menurut kondisi hidrogeologi yang mempengaruhi pergerakan air dari permukaan menuju akuifer pada suatu daerah (Aller et al., 1987).

Metode *DRASTIC* yang dikembangkan oleh *U.S.EPA* ini adalah metode yang paling sering digunakan untuk mengidentifikasi suatu area, apakah airtanah pada area tersebut rentan terhadap polusi (Shahid, 2000).

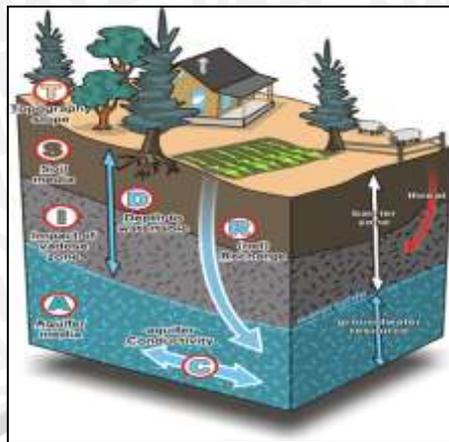
Metode *DRASTIC* dipilih karena metode ini dapat mengevaluasi kerentanan suatu area terhadap polusi airtanah berdasarkan informasi-informasi yang telah ada secara sistematis. Metode ini terdiri dari 2 unsur utama yaitu pembuatan unit-unit pemetaan berdasarkan *hydrogeology setting* dan penggabungan parameter-parameter untuk mengontrol penyebab terjadinya polusi airtanah. Metode ini memiliki 3 bagian penting yaitu *weight*, *ranges* dan *rating*.

Dalam metode *DRASTIC* yang dikembangkan oleh Rosen (1994) dengan asumsi bahwa :

1. Bahan pencemar masuk pada permukaan tanah
2. Bahan pencemar tersiram air hujan masuk ke dalam air tanah
3. Bahan pencemar terbawa mobilitas air
4. Daerah yang dievaluasi dengan menggunakan *DRASTIC* lebih besar dari 100 acre (\pm 50 ha).

Metode ini menggunakan 7 (tujuh) parameter, yaitu :

1. **D** = *Depth to watertable*
2. **R** = *Recharge*
3. **A** = *Aquifer Media*
4. **S** = *Soil media*
5. **T** = *Topography (slope)*
6. **I** = *Impact of the Vadose Zone Media*
7. **C** = *Conductivity (Hydraulic) of the aquifer*



Gambar 2.11. Visualisasi Metode *DRASTIC* (Penggambaran Metode *DRASTIC*)
 Sumber: http://www.sfu.ca/personal/dallen/Visualization/DRASTIC/drastic_page.html

Penggabungan faktor-faktor ini merupakan ketetapan ketika memasukkan informasi dasar atau nilai yang dibutuhkan untuk menentukan potensi polusi pada tiap kondisi hidrogeologi. Faktor *DRASTIC* merupakan parameter terukur jika data yang digunakan merupakan data peninjau.

2.7.2 Parameter *DRASTIC*

Metode *DRASTIC* dapat dilaksanakan ketika semua 7 parameter *DRASTIC* sudah siap. Pembahasan mengenai 7 parameter *DRASTIC* tersebut adalah:

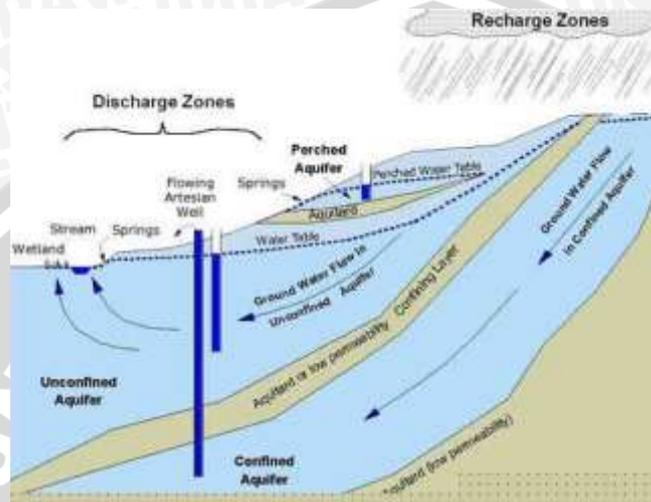
1. *Depth to watertable* (kedalaman airtanah)

Depth to watertable adalah jarak airtanah dari permukaan tanah dengan permukaan di bawah tanah (Radig, 1997). *Depth to watertable* menggambarkan kedalaman permukaan air di bawah tanah dari permukaan topografis dan merupakan jarak minimum yang harus ditempuh oleh polutan untuk mencapai zona jenuh (*saturated zone*). Suatu area dengan kedalaman air yang semakin dekat dengan permukaan tanah memiliki kerentanan yang semakin tinggi untuk terkena polusi airtanah.

Parameter ini merupakan salah satu parameter penting utama karena dapat memperkirakan kedalaman material atau jenis tanah yang harus dilewati polutan agar sampai ke muka airtanah. Parameter ini juga memiliki kemampuan maksimal untuk beroksidasi dari oksigen atmosfer. Ketentuan tingkatan kedalaman airtanah didasarkan di kedalaman tertentu dimana potensi polusi airtanah akan berubah secara signifikan. Sumber data untuk parameter ini bisa didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan geolistrik.

2. *Recharge* (curah hujan)

Umumnya sumber utama dari airtanah adalah curah hujan yang meresap dari permukaan tanah dan perkolasi. *Recharge* adalah total jumlah air yang masuk dari permukaan tanah kedalam lapisan akuifer sehingga menjadi jenuh air (Radig, 1997). Air hujan berkaitan dengan banyaknya air yang dapat melarutkan dan mengangkut bahan pencemar (polutan).



Gambar 2.12. *Recharge* (Masuknya Air Hujan Kedalam Tanah)

Sumber: <http://imnh.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/gwater/aquifer.htm>

Curah hujan ini kemungkinan mengandung polutan yang dapat menembus masuk secara vertikal menuju muka airtanah ataupun secara horizontal pada media akuifernya. Prinsipnya curah hujan merupakan alat yang membantu dan membawa polutan padat maupun cair ke dalam airtanah. Semakin besar curah hujan maka semakin besar pula potensi polusi airtanahnya. Parameter ini dihitung berdasarkan jumlah rata-rata infiltrasi curah hujan dan tidak memperhitungkan distribusi dan intensitas curah hujannya.

Recharge di suatu area umumnya berdasarkan dari data curah hujan, pengguna seharusnya dapat memperkirakan nilai *recharge* sebagai hasil hitung dari jumlah curah hujan dikurangi limpasan permukaan, evaporasi dan transpirasi. Saat menggunakan metode ini dalam menentukan nilai *recharge*, pastikan bahwa nilai yang digunakan masuk akal karena nilai *recharge* sebenarnya juga dipengaruhi faktor lain seperti *slope* dan permeabilitas tanah. Sumber data untuk parameter *recharge* didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat *infiltrometer*.

3. *Aquifer Media* (media akuifer)

Suatu akuifer digambarkan sebagai suatu unit di bawah permukaan tanah yang akan menghasilkan sejumlah air. Di dalam lapisan akuifer penilaian suatu media akuifer harus

didasarkan pada nilai porositasnya. Data media akuifer dapat diperoleh dari hasil pengeboran akuifer atau dari jenis geologi daerah yang bersangkutan.

Media akuifer mengacu pada lapisan batuan yang bertindak sebagai suatu akuifer. Semakin besar ukuran butiran batuan yang ada dalam akuifer, maka semakin tinggi kemampuan permeabilitasnya sehingga semakin besar pula kemungkinannya untuk terkena polusi. Sumber data untuk parameter ini diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan geolistrik.

Menurut Todd (1980), batuan yang dapat berfungsi sebagai lapisan pembawa air terbaik adalah pasir, kerakal, dan kerikil. Sedangkan 90% dari akuifer terdiri atas batuan tidak terkonsolidasi, terutama kerikil dan pasir.

Jika ditinjau dari permeabilitas batuan, lapisan pembawa air dapat digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- a) Lapisan *permeable* (serap air) seperti kerikil, kerakal, dan pasir.
- b) Lapisan semi *permeable* (semi menyerap air), seperti pasir *argullasis*.
- c) Lapisan kedap air, seperti batuan kristalin, tanah liat.

Beberapa karakteristik batuan yang biasanya terdapat pada media akuifer antara lain:

1. Batuan Pasir dan Kerikil

Batu pasir merupakan batuan sedimen, klasifikasi batuan campuran antara pasir (*sand*) dan kerikil (*gravel*) berdasarkan perbandingan volume dari setiap unsur yang dikandungnya. Apabila batuan itu mengandung 75% atau lebih kerikil maka termasuk kerikil (*gravel*), kerikil pasiran (*sandy gravel*) apabila mengandung (50% - 75%) kerikil dan (25% - 50%) pasir. Disebut pasir kerikilan (*pebbly sand*) bila terdiri dari (25% - 50%) kerikil dan (50% - 75%) pasir.

2. Batuan Lempung

Batuan lempung biasanya plastis dan warna dari batuan ini banyak sekali seperti hitam, kelabu, hijau, ataupun merah. Jika memperlihatkan belahan-belahan yang rapat disebut serpih, dan bila batuan ini sangat keras tanpa memperlihatkan belahan (kompak) disebut argilit, apabila batuan ini mengandung (34% - 40%) CaCO_3 disebut napal.

3. Tufa

Tufa merupakan hasil kegiatan gunung api (vulkanik) yang memiliki ukuran lebih halus. Jenis batuan ini memiliki kelulusan air yang lebih besar dibandingkan batuan lempung. Sedangkan tufa pasiran dapat berfungsi juga sebagai akuifer yang baik.

Tufa merupakan bagian dari batuan pasir yang berukuran lebih halus dan apabila lebih kasar disebut vulkaniklastik dan pasir.

4. Breksi dan Diorit

Breksi adalah batuan sedimen dengan ukuran butir lebih besar dari 2 mm dengan bentuk butiran yang bersudut. Sedangkan diorit merupakan intrusi batuan beku yang tingkat kekerasannya sangat keras. Hasil lapukannya berupa lanau lempungan berwarna abu-abu kecokelatan,

4. *Soil media* (tekstur tanah)

Jenis tanah biasanya dianggap sebagai lapisan teratas bumi, rata-rata sedalam enam kaki atau lebih sedikit dari permukaan tanah. Jenis tanah pada suatu area dapat ditentukan dari peta jenis tanah. Semua lapisan tanah harus dievaluasi untuk menentukan lapisan mana yang lebih mempengaruhi terjadinya potensi pencemaran atau polusi airtanah. Hal ini didasarkan pada tekstur dan ketebalan relatif dari tiap lapisan (Radig, 1997). Jenis tanah memiliki suatu dampak yang penting terhadap jumlah limpasan air hujan yang dapat meresap kedalam lapisan tanah. Sumber data untuk parameter ini diperoleh dari pengujian sampel tanah di Laboratorium Tanah dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

5. *Topography* (kemiringan lereng)

Topografi merupakan tingkat kemiringan lereng dari permukaan tanah. Topografi membantu mengendalikan kemungkinan suatu polutan akan melimpas dan meresap ke dalam lapisan tanah (Radig, 1997). Prosentase kemiringan tanah dapat dilihat dari kontur pada peta dan kemiringan yang paling sesuai agar suatu area bisa dipilih untuk menentukan nilai faktor pengali pada metode *DRASTIC*.

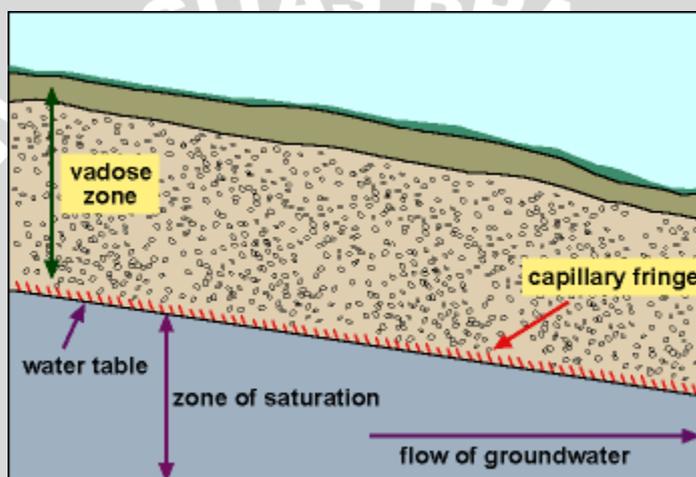
Area yang memiliki kemiringan yang sangat landai, cenderung untuk mengalirkan air lebih lama. Hal ini menyebabkan infiltrasi yang besar akibat curah hujan sehingga polutan berpotensi untuk bermigrasi. Sedangkan area dengan kemiringan yang lebih curam, memiliki nilai *run off* yang besar dan nilai infiltrasi yang lebih kecil sehingga kemungkinan polutan untuk bermigrasi lebih sedikit daripada area dengan kemiringan landai. Sumber data untuk parameter ini dapat diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan *waterpass*.

6. *Impact of the Vadose Zone Media* (kondisi zona tak jenuh)

Vadose Zone (*unsaturated zone*) digambarkan sebagai zona yang tak jenuh (*unsaturated*) di atas muka airtanah pada zona jenuh. Dalam metode *DRASTIC*, harus dipilih media di lapisan *vadose zone* yang berpotensi mempengaruhi terjadinya polusi

(Radig, 1997). Untuk zona tak jenuh ini diasumsikan jenis batuan yang bertindak sebagai akuifer tetapi pembobotan dan penilaiannya saja yang berbeda.

Dalam kondisi tertentu jika muka airtanah dekat atau di permukaan, harus dipilih suatu media *vadose zone* dan dipilih nilai faktor pengali yang sesuai. Ketika mengevaluasi suatu akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dapat dilakukan penyesuaian penilaian/faktor pengali pada masing-masing media agar menghasilkan informasi akuifer secara spesifik untuk mengevaluasi media akuifer. Ketika mengevaluasi suatu akuifer terkekang (*confined aquifer*), harus dipilih lapisan pembatas (*confining layer*) sebagai media *vadose zone*. Sumber data untuk parameter ini diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan geolistrik.



Gambar 2.13 *Vadose Zone* (Kondisi Zona Tak Jenuh)

Sumber: <http://imnh.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/gwater/gwtrvw.htm>

7. *Hydraulic Conductivity of The Aquifer* (konduktivitas hidraulik)

Hydraulic Conductivity of the aquifer/konduktivitas hidraulik/koeffisien kelulusan air (K) adalah kemampuan dari suatu media akuifer untuk meluluskan air di dalam rongga-rongga batuan, yang akan mengendalikan tingkat gradien aliran airtanah. Nilai K yang paling akurat dihitung dari pengujian pompa untuk akuifer (Radig, 1997). Nilai K terkait erat dengan distribusi ukuran butir tanah dan porositas.

Sumber data untuk parameter ini dapat diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan geolistrik. Dari semua parameter, informasi data untuk parameter ini mungkin yang paling susah ditemukan. Karena sangat berhubungan dengan parameter media akuifer, jika dibutuhkan nilai konduktivitas hidraulik dapat dicari berdasarkan media akuifernya. Nilai konduktivitas hidraulik bisa didapatkan dari Tabel 2.3 menurut Moris & Johnson 1967.

Nilai konduktivitas hidraulik juga dapat dihitung melalui sumur pengujian akuifer. Nilai konduktivitas hidraulik yang besar menunjukkan kerentanan yang besar pula terhadap pencemaran. Karena semakin tinggi tingkat kelolosan airnya, semakin banyak polutan yang mungkin akan masuk ke airtanah.

Tabel 2.3. Koefisien Kelulusan Air dari Berbagai Batuan (*Morris & Johnson 1967, menurut Todd, 1980*)

Macam Batuan	K (m/hari)	K (m/dt)	Macam Batuan	K (m/hari)	K (m/dt)
Kerikil kasar	450	$5,208 \times 10^{-3}$	Batu Gamping	0,94	$1,088 \times 10^{-5}$
Kerikil Menengah	270	$3,125 \times 10^{-3}$	Gabro Lapuk	0,7	$8,102 \times 10^{-6}$
Kerikil Halus	150	$1,736 \times 10^{-3}$	Batupasir Halus	0,2	$2,315 \times 10^{-6}$
Pasir Kasar	45	$5,208 \times 10^{-4}$	Tuffa	0,2	$2,315 \times 10^{-6}$
Pasir menengah	12	$1,389 \times 10^{-4}$	Lanau	0,08	$9,259 \times 10^{-7}$
Batupasir Menengah	3,1	$3,588 \times 10^{-5}$	Basalt	0,01	$1,157 \times 10^{-7}$
Pasir Halus	2,5	$2,894 \times 10^{-5}$	Lempung	0,0002	$2,315 \times 10^{-9}$
Granit Lapuk	1,4	$1,620 \times 10^{-5}$	Batu Sabak	0,00008	$9,259 \times 10^{-10}$

Sumber: Suharyadi (1984)

2.7.3 Pengolahan Data

Tiap parameter *DRASTIC* sejak awal telah dievaluasi untuk menentukan pentingnya satu faktor dengan faktor yang lain, yang diwakilkan dengan nilai pemberat (*weight*). Tiap parameter ini telah ditetapkan nilai pemberatnya yaitu antara 1–5. Jika parameter tersebut menyebabkan dampak yang sangat besar, maka parameter yang bersangkutan mempunyai nilai *weight* 5, dan sebaliknya jika faktor tersebut menyebabkan dampak yang kecil maka akan memiliki nilai *weight* 1. Nilai pemberat dari masing-masing parameter disajikan dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Bobot untuk parameter *DRASTIC*

Parameter	Bobot
Kedalaman Muka Airtanah Tak Tertekan	5
Curah Hujan	4
Jenis Akuifer	3
Tekstur Tanah	2
Kemiringan Lereng	1
Jenis Zona Tak Jenuh	5
Konduktivitas Hidraulik (kelulusan) akuifer	3

Sumber: Syamsul Hadi (2004:28)

Masing-masing parameter *DRASTIC* dibagi berdasarkan nilai *range* (tingkatan) atau berbagai tipe media yang berpengaruh dalam potensi polusi yang akan terjadi. Tiap *range* tiap parameter telah ditetapkan suatu nilai bobot (*rating*) yang berkisar antara 1–10. Semakin besar nilainya, menandakan jenis (dari parameter *DRASTIC*) tersebut semakin berpotensi menyebabkan polusi. Jenis parameter dengan nilai *rating* 8, 9 dan 10 memiliki nilai kerentanan yang sangat tinggi untuk menyebabkan potensi polusi. Kisaran *range* dan *rating* dari masing-masing parameter *DRASTIC* disajikan pada Tabel 2.5 sampai Tabel 2.11.

Tabel 2.5 Interval dan nilai untuk kedalaman muka airtanah

Interval Kedalaman Muka Airtanah (meter)	Nilai
0 – 1,5	10
1,5 – 3	9
3 – 9	7
9 – 15	5
15 – 23	3
23 – 30	2
30+	1

Sumber: Syamsul Hadi (2004:28)

Tabel 2.6 Interval dan nilai untuk curah hujan

Curah Hujan (mm)	Nilai
0 – 750	1
750 – 1.250	3
1.250 – 1.750	5
1.750 – 2.250	6
2.250 – 2.750	9
2.750+	10

Sumber: Syamsul Hadi (2004:28)

Tabel 2.7 Jenis dan nilai akuifer

Jenis akuifer	Nilai
Serpih massif	1
Batuan Beku/malihan	3
Lapukan batuan beku/malihan	4
Lapisan tipis batuan pasir, batu gamping, serpih	6
Batu pasir massif	6
Batu gamping masif	6
Pasir dan kerikil	8
Basalt	9
Batu gamping karst	10

Sumber: Syamsul Hadi (2004:29)

Tabel 2.8 Jenis dan nilai tekstur tanah

Tekstur Tanah	Nilai
Kerikil	10
Pasir	9
Agregat/perkerutan lempung	7
Lumpur pasiran	6
Lumpur	5
Lumpur lanauan	4
Lumpur lempung	3

Tekstur Tanah	Nilai
Nonagregat lempung	1

Sumber: Syamsul Hadi (2004:29)

Tabel 2.9 Interval dan nilai untuk kemiringan lereng

Kemiringan Lereng (% <i>slope</i>)	Nilai
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
18+	1

Sumber: Syamsul Hadi (2004:29)

Tabel 2.10 Jenis dan nilai zona tak jenuh

Jenis zona tak jenuh	Nilai
Lanau/lempung	1
Serpil	3
Batuan beku/malihan	4
Batu gamping	6
Batu pasir	6
Lapisan batu gamping, batu pasir, shale	6
Pasir dan kerikil dengan campuran lanau dan lempung	6
Pasir dan kerikil	8
Basalt	9
Batu gamping karst	10

Sumber: Syamsul Hadi (2004:29)

Tabel 2.11 Interval dan nilai untuk konduktivitas hidraulik

Interval konduktivitas hidraulik (m/hari)	Nilai
0 – 0,864	1
0,864 – 2,59	2
2,59 – 6,048	4
6,048 – 8,64	6
8,64 – 17,18	8
17,18+	10

Sumber: Syamsul Hadi (2004:30)

Untuk menentukan potensi terjadinya polusi atau tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi ditetapkan dengan suatu nilai yang disebut *DRASTIC Index*. Tingkat kerentanan ini dihitung dengan cara menjumlahkan nilai rating dari tiap parameter setelah dikalikan dengan nilai pemberat (*weight*) masing-masing. Persamaan untuk menentukan *DRASTIC Index (DI)* adalah:

$$DI = Dr Dw + Rr Rw + Ar Aw + Sr Sw + Tr Tw + Ir Iw + Cr Cw \quad (2-3)$$

keterangan:

Dr : depth to watertable rating

Dw : depth to watertable weight

Rr : recharge rating

Rw : recharge weight

Ar : aquifer media rating

Aw : aquifer media weight

Sr : soil media rating

Sw : soil media weight

Tr : topography rating

Tw : topography weight

Ir : impact of vadose zone media rating

Iw : impact of vadose zone media weight

Cr : conductivity hydraulic of aquifer rating

Cw : conductivity hydraulic of aquifer weight

Secara keseluruhan Indeks *DRASTIC* mempunyai skor paling rendah 23 dan paling tinggi 230 atau mempunyai interval dari 23 sampai 230. Semakin tinggi Indeks *DRASTIC* semakin tinggi potensi relatif pencemaran air tanah. (Syamsul Hadi, 2004:30)

Tabel 2.12 Kriteria Tingkat Kerentanan Pencemaran

Indeks <i>DRASTIC</i>	Tingkat Kerentanan
23 – 65	Sangat Rendah
66 - 107	Rendah
108 - 148	Sedang
149 - 189	Tinggi
190 - 230	Sangat Tinggi

Sumber: Syamsul Hadi (2004:30)

Daerah yang memiliki nilai index yang tinggi termasuk dalam daerah yang sangat rentan untuk terkena polusi airtanah. Sedangkan daerah memiliki nilai index rendah juga berpotensi terkena polusi airtanah, namun tingkat kerentanannya masih lebih rendah dibandingkan daerah yang memiliki skor tinggi.



Revisi Tabel 2.6 Interval dan nilai untuk curah hujan pada halaman 28 diganti menjadi Tabel 2.6 Interval dan nilai untuk infiltrasi. Hal ini disebabkan nilai pada Tabel 2.6 Interval dan nilai untuk curah hujan terlalu tinggi. Sehingga untuk penelitian ini khususnya parameter *Recharge* dipilih sumber dari Tabel Aller et al.

Tabel 2.6 Interval dan nilai untuk infiltrasi

Interval Infiltrasi (mm)	Bobot (<i>Rating</i>) (<i>Rr</i>)
0 – 51	1
51 – 102	3
102 – 178	6
178 – 254	8
> 254	9

Sumber: Aller et al. (1987:21)

