

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Tanah

Airtanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi (Bisri, 1988:2). Sebagian besar airtanah berasal dari air permukaan yang meresap masuk ke dalam 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 dibawah 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. Zona 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://anak-tambang.blogspot.com/2012/02/paper-hidrogeologi.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 air tanah 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 air tanah maka kadar kejenuhannya makin menurun (Soemarto, 1987:257).

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 air tanah (Soemarto, 1987:257).

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. (Soemarto, 1987:254).

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 dibawah kondisi lapangan. Contoh: pasir, kerikil, batu pasir, batu gamping yang berlubang-lubang, lava yang retak-retak, dsb.

2. Akuiklude

Akuiklude (*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 konduktivitasnya 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 (*aquitarde*) 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 akuiklude.

Bagian batuan yang tidak terisi oleh bagian padatnya (butirnya) akan diisi oleh air tanah. 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 airtanah 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 airtanah 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 air tanah 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 sumberdaya airtanah yang paling tidak mencakup empat batasan, yaitu ruang atau

wadah, jumlah, mutu dan sumber daya air itu sendiri. Pengetahuan hidrogeologi juga melakukan kuantifikasi sumberdaya 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 sumberdaya airtanah yang tersimpan atau melalui suatu wadah tertentu. Banyaknya kandungan airtanah disuatu daerah tergantung pada:

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

2.1.4. 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 air tanah.

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.

2.1.5. Pemetaan Airtanah

Pemetaan airtanah pada penelitian ini menggunakan bantuan Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW). Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang

dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel.

Untuk mengolah dan menganalisa data secara spasial, Sistem Informasi Geografis (*SIG*) biasanya digunakan. Didalam analisa spasial baik dalam format vektor maupun raster, diperlukan data yang meliputi seluruh studi area. Oleh sebab itu, proses interpolasi perlu dilaksanakan untuk mendapatkan nilai diantara titik sampel. (Sumber: <http://denmoko.wordpress.com/2012/05/10/interpolasi-inverse-distance-weighted/>).

2.2. 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 No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup).

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.

2.2.1. Pencemaran Air

Pencemaran air didefinisikan sebagai pembuangan substansi dengan karakteristik dan jumlah yang menyebabkan estetika, bau dan rasa menjadi terganggu dan/atau menimbulkan potensi kontaminasi (Suripin, 2004). Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air menyatakan "Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya".

Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Pasal 8 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas yaitu:

1. Kelas 1 : air yang dapat digunakan untuk bahan baku air minum atau peruntukan lainnya mempersyaratkan mutu air yang sama
2. Kelas 2 : air yang dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, budidaya air tawa, peternakan, dan pertanian
3. Kelas 3 : air yang dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian
4. Kelas 4 : air yang dapat digunakan untuk mengairi pertanian atau pertanaman

Tabel 2.1. Pembagian Kelas Parameter Air

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	-
Besi	mg/L	0,3	-	-	-
Mangan	mg/L	0,1	-	-	-
Klorida	mg/L	600	-	-	-

Sumber : PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

2.2.2. 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 atau 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 airtanah yang ada.

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

1. Pada umumnya airtanah 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. Airtanah 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 airtanah resapan maupun airtanah dalam, pada volume dan konsentrasi yang sama, relatif lebih merugikan dan lebih berbahaya dibanding pencemaran pada airtanah permukaan.

Pencemaran tanah dapat disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya limbah domestik, limbah industri, dan limbah pertanian.

1. Limbah domestik

Limbah domestik dapat berasal dari daerah: pemukiman penduduk; perdagangan/pasar/tempat usaha hotel dan lain-lain; kelembagaan misalnya kantor-kantor pemerintahan dan swasta; dan wisata, dapat berupa limbah padat dan cair. Limbah cair berupa tinja, deterjen, oli, cat, dan jika meresap ke dalam tanah akan merusak kandungan airtanah bahkan dapat membunuh mikro-organisme di dalam tanah.

Limbah domestik dapat berasal dari daerah pemukiman penduduk, perdagangan/pasar/tempat usaha hotel dan lain-lain, kelembagaan misalnya kantor-kantor pemerintahan dan swasta; dan wisata, dapat berupa limbah padat dan cair.

2. Limbah industri

Limbah industri berupa limbah padat yang merupakan hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari proses pengolahan. Misalnya sisa pengolahan pabrik gula, pulp, kertas, rayon, plywood, pengawetan buah, ikan, dan daging.

Limbah cair yang merupakan hasil pengolahan dalam suatu proses produksi, misalnya sisa-sisa pengolahan industri pelapisan logam dan industri kimia lainnya. Tembaga, timbal, perak, khrom, arsen dan boron adalah zat-zat yang dihasilkan dari proses industri pelapisan logam.

3. Limbah pertanian

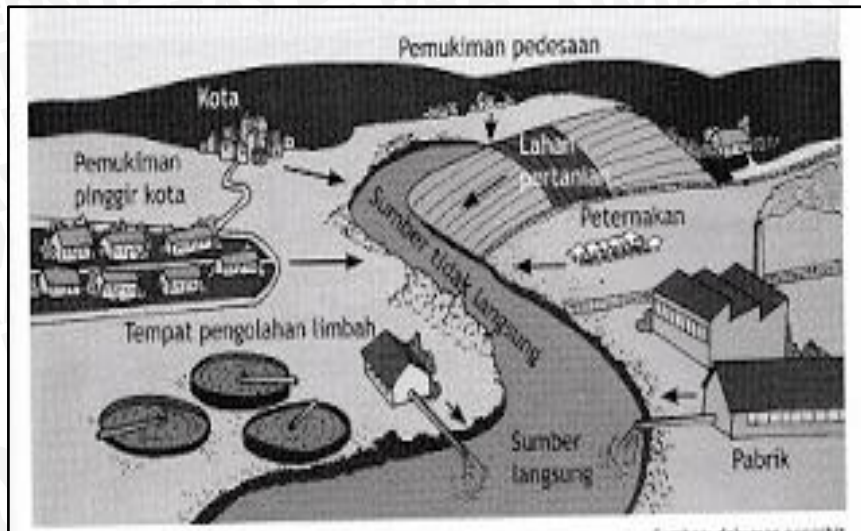
Limbah pertanian berupa sisa-sisa pupuk sintetis untuk menyuburkan tanah/tanaman, misalnya pupuk dan pestisida pemberantas hama tanaman, misalnya DDT. (Sumber: <http://akupunyatugas.wordpress.com/2013/06/22/pencemaran-air-tanah/>).

Tanda-tanda bahwa airtanah sudah tercemar dapat dikenali melalui pengamatan fisik. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Warna kekuningan akan muncul jika air tercemar chromium dan materi organik. Jika air berwarna merah kekuningan, itu menandakan adanya cemaran besi. Sementara pengotor berupa lumpur akan memberi warna merah kecoklatan.
2. Kekeruhan juga merupakan tanda bahwa air tanahtelah tercemar oleh koloid (bio zat yang lekat seperti getah atau lem). Lumpur, tanah liat dan berbagai mikroorganisme seperti plankton maupun partikel lainnya bisa menyebabkan air berubah menjadi keruh.
3. Polutan berupa mineral akan membuat airtanah memiliki rasa tertentu. Jika terasa pahit, pemicunya bisa berupa besi, aluminium, mangan, sulfat maupun kapur dalam jumlah besar.
4. Airtanah yang rasanya seperti air sabun menunjukkan adanya cemaran alkali. Sumbernya bisa berupa natrium bikarbonat, maupun bahan pencuci yang lain misalnya detergen.
5. Sedangkan rasa payau menunjukkan kandungan garam yang tinggi, sering terjadi di daerah sekitar muara sungai.
6. Bau yang tercium dalam airtanah juga menunjukkan adanya pencemaran. Apapun baunya, itu sudah menunjukkan bahwa airtanah tidak layak untuk dikonsumsi.

2.2.3. Proses Pencemaran Airtanah

Sumber polusi air dapat dibedakan menjadi sumber langsung (*point sources*) dan sumber tidak langsung (*nonpoint sources*). Sumber langsung adalah sumber polusi yang membuang polutan di lokasi spesifik melalui pipa, selokan, atau saluran pembuangan langsung menuju badan atau permukaan air.

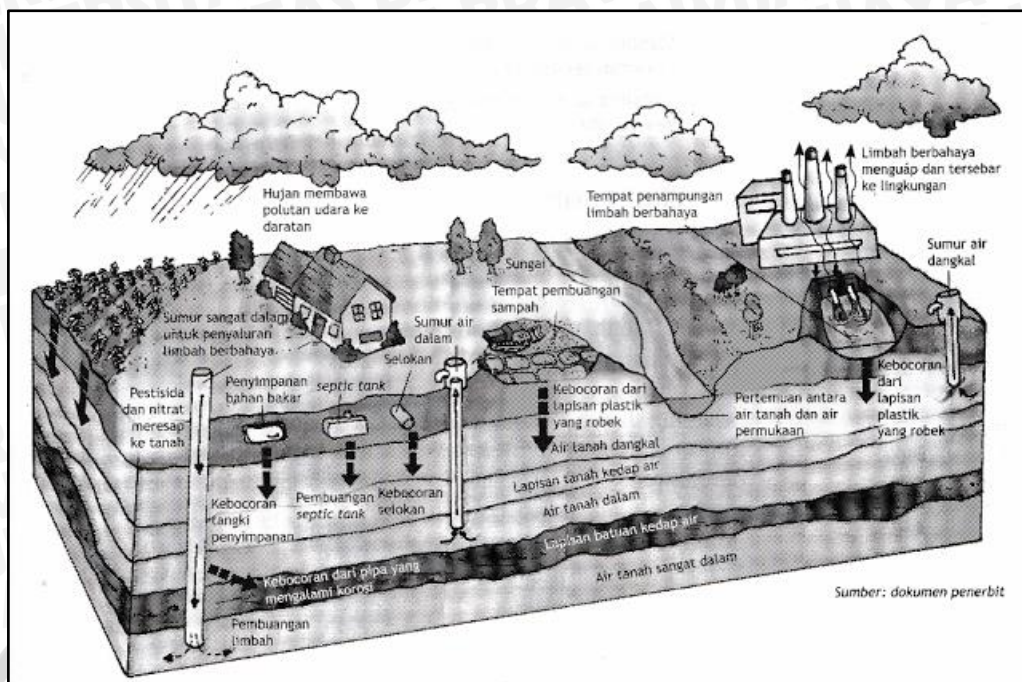


Gambar 2.6. Sumber-sumber Utama Polusi Air

Sumber: <http://andrypermana06.blogspot.com/2013/09/bab-ii-polusi.html>

Polusi dari sumber langsung cenderung mudah dideteksi karena lokasi pembuangan polutannya spesifik. Contoh sumber langsung polusi air adalah pabrik, tempat pengolahan limbah, pertambangan, dan tangki minyak. Sumber tidak langsung adalah sumber polusi yang asalnya dari area lahan luas atau dari partikel-partikel yang terbawa udara, yang mencemari air melalui aliran air atau pengendapan senyawa dari atmosfer. Polusi dari sumber langsung lebih sulit dideteksi dari sumber langsung. Contoh sumber tidak langsung dari polusi air adalah aliran atau rembesan senyawa kimia dari lahan pertanian, peternakan, perkotaan, jalan raya, area parkir, dan tempat penebangan hutan.

Polutan dapat mencemari air permukaan dan air tanah. Air permukaan tercemar oleh polutan melalui saluran pembuangan atau terbawa aliran air dari daratan. Air tanah tercemar oleh polutan melalui proses perembesan.



Gambar 2.7. Sumber-sumber Polutan Yang Dapat Mencemari Airtanah
 Sumber: <http://andrypermana06.blogspot.com/2013/09/bab-ii-polusi.html>

Dari gambar diatas, dapat diketahui bahwa proses polusi airtanah berawal dari polutan yang ada dipermukaan tanah yang bercampur dengan air hujan kemudian akan melimpas di permukaan tanah. Dalam proses melimpas inilah, polutan memiliki kesempatan untuk meresap kedalam airtanah dangkal dan menyebabkan airtanah dangkal tercemar oleh polutan.

2.3. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam dan di atas permukaan tanah. Termasuk didalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri (Asdak, 2004:4). Curah hujan adalah faktor utama yang mengendalikan proses daur hidrologi di suatu daerah (DAS). Curah hujan yang mencapai permukaan tanah sebagian akan terserap ke dalam tanah (infiltrasi). Sedangkan curah hujan yang tidak terserap ke dalam tanah akan mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (limpasan) untuk selanjutnya masuk ke sungai.

2.3.1. Uji Konsistensi

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan.

Dengan kata lain data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995:23).

Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain (Subarkah, 1980:28) :

- a. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, misalnya pembangunan gedung-gedung, tumbuhan pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus, dan lain-lain.
- b. Pemindahan alat pengukur hujan.
- c. Perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Pengecekan kualitas data merupakan keharusan sebelum data hidrologi diproses. Pengecekan dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan (Soewarno, 1995:24):

1. Inspeksi ke lapangan,
2. Perbandingan hidrograf,
3. Analisis kurva masa ganda.

2.3.2. Uji Homogenitas

Sekumpulan data dari suatu variabel hidrologi sebagai hasil pengamatan dapat disebut sama jenis (*homogen*) apabila data tersebut diukur dari resim (*regime*) yang tidak berubah. Perubahan resim dari fenomena hidrologi dapat terjadi karena banyak sebab, misal (Soewarno, 1995: 25):

1. Perubahan alam, misal perubahan iklim, bencana alam, banjir besar, hujan lebat.
2. Perubahan karena ulah manusia, misalnya pembuatan bendung pada alur sungai, penggundulan hutan.

Data hidrologi disebut tak sama jenis (*non-homogeneous*) apabila dalam setiap sub kelompok populasi ditandai dengan perbedaan nilai rata-rata (*mean*) dan perbedaan varian (*variance*) terhadap sub kelompok yang lain dalam populasi tersebut.

Banyak cara untuk menguji kesamaan jenis dari data hidrologi, diantaranya adalah analisis:

1. Grafis
2. Kurva masa ganda
3. Statistik

2.3.2.1. Uji-T (*Tee-test*)

Uji-T termasuk dalam analisis statistik untuk menguji kesamaan jenis suatu populasi data. Uji-T umumnya digunakan untuk menguji sampel ukuran kecil ($N < 30$): menguji nilai rata-rata 2 (dua) kelompok sampel, menguji nilai rata-rata terhadap rata-rata populasi, menguji data yang berpasangan, menguji koefisien korelasi (Soewarno: 1995:7). Pengujian rata-rata dari dua set sampel dengan distribusi-t dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (2-1)$$

keterangan:

t = variabel-t terhitung

\bar{X}_1 = rata-rata hitung sampel set ke 1

\bar{X}_2 = rata-rata hitung sampel set ke 2

N_1 = jumlah sampel set ke 1

N_2 = jumlah sampel set ke 2

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (2-2)$$

keterangan:

S_1^2, S_2^2 = varian sampel set ke 1 dan ke 2

$d_k = N_1 + N_2 - 2$ = derajat kebebasan

Apabila t terhitung lebih besar dari nilai kritis t_c pada derajat kepercayaan (α) tertentu, maka kedua sampel yang diuji tidak berasal dari populasi yang sama. Sedangkan apabila t terhitung lebih kecil dari t_c maka kedua sampel berasal dari populasi yang sama.

Tabel 2.2. Nilai Kritis t_c Untuk Distribusi-t Uji Dua Sisi

d_k	Derajat Kepercayaan t_α				
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
inf.	1,282	1,645	1,960	2,236	2,576

Sumber: Soewarno, 1995:77

2.3.3. Curah Hujan Rerata Daerah (*Average Basin Rainfall*)

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan di suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah yang dinyatakan dalam milimeter (mm) (Sosrodarsono, 1987:27). Dengan melakukan penakaran pada suatu stasiun hujan hanya didapat curah hujan di suatu titik tertentu. Bila dalam suatu area terdapat penakar hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan area adalah dengan mengambil harga rata-ratanya.

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rerata daerah (Sri Harto, 1993) yaitu:

a) Metode Rerata Aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapat dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos-pos penakar hujan

didalam areal tersebut. Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakar ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal.

b) Metode Poligon *Thiessen*

Metode ini dilakukan dengan cara menghubungkan satu alat penakar hujan dengan alat lainnya menggunakan garis lurus. Pada peta daerah tangkapan air untuk tiap - tiap alat penakar hujan, dibagi menjadi beberapa poligon. Cara ini dipakai jika letak stasiun pencatat hujan didaerah aliran sungai tersebut tidak merata. Metode ini termasuk memadai dalam menentukan curah hujan suatu daerah tetapi hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh mana penempatan alat penakar hujan mampu mewakili daerah pengamatan.

c) Metode *Isohyet*

Metode *isohyet* merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, tetapi diperlukan pengalaman dan keahlian. Metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Metode ini cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5000 km². Metode ini merupakan cara yang paling teliti untuk mendapatkan hujan areal rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat yang memungkinkan untuk membuat isohyet. Untuk menentukan curah hujan rata-rata terbesar perhitungannya harus dilakukan beberapa kali sehingga cara *isohyet* memerlukan banyak pekerjaan dan waktu karena untuk setiap hujan harus dilukis isohyetnya tersendiri.

Terlepas dari kelebihan dan kekurangan ketiga metode tersebut, pemilihan metode yang cocok dipakai dalam perhitungan curah hujan rerta daerah dapat dilihat pada tabel berikut dengan memperhitungkan beberapa faktor sebagai berikut:

a. Jaring-jaring Pos Penakar Hujan

Tabel 2.3. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Jumlah Stasiun Hujan

Jumlah Stasiun Hujan	Metode
Cukup	<i>Isohyet, Thiessen</i> atau Rata-rata hitung
Terbatas	Rata-rata hitung atau <i>Thiessen</i>
Tunggal	Hujan Titik

Sumber: Suripin, 2004:31

b. Luas DAS

Tabel 2.4. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS	Metode
DAS Besar (>5000 km ²)	<i>Isohyet</i>
DAS Sedang (500 – 5000 km ²)	<i>Thiessen</i>
DAS Kecil (< 500 km ²)	Rata-rata hitung

Sumber: Suripin, 2004:31

c. Topografi DAS

Tabel 2.5. Pemilihan Metode Penentuan Curah Hujan Berdasarkan Topografi DAS

Topografi	Metode
Pegunungan	Rata-rata hitung
Dataran	<i>Thiessen</i>
Berbukit dan tidak beraturan	<i>Isohyet</i>

Sumber: Suripin, 2004:32

Ketepatan dalam memperkirakan besarnya curah hujan rerata daerah tergantung pada kerapatan jaringan stasiun penakar hujan dan tipe serta ukuran hujan. Jaringan alat penakar hujan yang letaknya terpencar dan tidak mewakili daerah pengamatan cenderung menghasilkan jumlah dan intensitas hujan yang lebih kecil dari seharusnya. Sehingga perlu diperhatikan dan dipertimbangkan metode apa yang cocok digunakan yang sesuai dengan daerah pengamatan dan kelengkapan data.

2.3.4. Volume Air Larian

Air larian atau limpasan (*surface runoff*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau dan lautan (Asdak, 2007: 151). Dalam memperkirakan besarnya volume air larian total dari suatu DAS, metode yang dikembangkan oleh *U. S. Soil Conservation Service* atau juga dikenal sebagai Metode SCS paling banyak dimanfaatkan. Metode SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi dan tataguna lahan dengan bilangan kurva air larian *CN (runoff curve number)* yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Asdak, 2007:182). Persamaan yang berlaku untuk metode SCS adalah sebagai berikut:

$$Q=(I-0,2S)^2 / (I+0,8S) \quad (2-3)$$

dengan:

Q = air larian (mm)

I = curah hujan (mm)

S = perbedaan antara curah hujan dan air larian (mm)

Persamaan (2-3) menunjukkan bahwa besarnya air larian berkurang dengan meningkatnya nilai S . Untuk memudahkan perhitungan kelembaban awal (*Antecedent Moisture Condition*), tataguna lahan dan konservasi tanah, Dinas Konservasi Tanah Amerika menentukan besarnya S sebagai berikut:

$$S = (25400/CN) - 254 \quad (2-4)$$

Bilangan kurva larian (CN) bervariasi dari 0 hingga 100. Angka CN dapat diperoleh dari Tabel 2.8. Dimana dalam tabel tersebut terdapat kelompok tanah yang ditentukan sesuai tekstur tanahnya yang disajikan di Tabel 2.7.

Nilai CN dalam Tabel 2.8. diperoleh dari penelitian di daerah iklim sedang. Namun nilai tersebut dapat digunakan apabila nilai CN di daerah yang diteliti belum tersedia. Nilai CN dalam Tabel 2.8. berlaku untuk *Antecement Moisture Conditions* atau Kondisi Kelengasan Awal Normal (AMC II). Untuk kondisi kering (AMC I) atau kondisi basah (AMC III), nilai CN ekuivalen dapat dihitung dengan Persamaan (2-5) dan (2-6) (Triatmodjo, 2010:157).

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)} \quad (2-5)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)} \quad (2-6)$$

Untuk menentukan *Antecement Moisture Conditions* (AMC) maka harus diketahui terlebih dahulu Kandungan Air Tanah Sebelumnya. Kandungan air tanah sebelumnya atau *Antecement Moisture Conditions* (AMC) mempengaruhi volume dan laju aliran permukaan. Mengingat pentingnya pengaruh faktor ini maka SCS menyusun tiga kondisi kandungan air sebelumnya, yang diberi tanda dengan angka Romawi I, II dan III. Keadaan tanah untuk ketiga kondisi tersebut adalah sebagai berikut (Arsyad, 2006:83):

Kondisi I : Tanah dalam keadaan kering tetapi tidak samai pada titik layu, telah pernah ditanami dengan hasil yang memuaskan.

Kondisi II : Keadaan rata-rata.

Kondisi III : Hutan lebat atau hujan ringan dan temperatur rendah telah terjadi dalam lima hari terakhir, tanah jenuh air.

Tabel berikut memberikan batas besarnya curah hujan untuk ketiga kondisi kandungan air tanah sebelumnya:

Tabel 2.6. Curah Hujan Untuk Ketiga Kondisi Air Tanah Sebelumnya

Kandungan Air Tanah Sebelumnya (AMC)	Total Curah Hujan 5 Hari Sebelumnya (mm)	
	Musim Dorman	Musim Tumbuh
I (Kering)	< 13	< 35
II (Sedang)	13 - 28	35 – 53
III (Basah)	> 28	> 53

Sumber: Arsyad, (2006:84)

Untuk dapat menggolongkan/mengklasifikasikan musim dorman (*dormant season*) dan musim tumbuh (*growing season*) terlebih dahulu perlu tahu iklim pada daerah yang diamati atau dikaji. Yangselanjutnya dapat menentukan awal musim dan panjang musim tersebut. Pada daerah iklim tropis seperti halnya Indonesia, memiliki 2 (dua) musim yakni; musim hujan yang mewakili musim tumbuh dan musim kemarau yang mewakili musim dorman pada tabel *AMC SCS*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia telah menetapkan cara menentukan awal musim dan panjang musim untuk kedua musim tersebut, berikut penjelasannya.

Penentuan awal musim menurut BMKG

1. Awal musim hujan : diidentifikasi dengan jumlah curah hujan dasarian telah lebih lebih dari 50 mm dan diikuti minimal dua dasarian berikutnya.
2. Awal musim kemarau : diidentifikasi dengan jumlah curah hujan dasarian kurang dari 50 mm dan diikuti minimal dua dasarian berikutnya.

Penentuan panjang musim menurut BMKG

1. Panjang musim hujan : jumlah dasarian (10 hari) antara awa musim hujan sampai dengan awal musim kemarau berikutnya.
2. Panjang musim kemarau : jumlah dasarian (10 hari) antara awal musim kemarau sampai dengan awal musim hujan berikutnya.

Selain itu jenis tanah juga sangat berpengaruh terhadap nilai hujan efektif. Tanah berpasir mempunyai nilai infiltrasi tinggi sehingga hujan efektif kecil; sebaliknya nilai infiltrasi tanah lempung sangat kecil sehingga sebagian hujan yang jatuh di permukaan tanah menjadi limpasan permukaan. Jenis tanah dibagi dalam empat kelompok yaitu:

Kelompok A : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan rendah, mempunyai laju

infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir (*deep sand*) dengan silty dan clay sangat sedikit; juga kerikil (*gravel*) yang sangat lulus air.

Kelompok B : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (*sandy soils*) dengan laju meloloskan air sedang.

Kelompok C : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi, laju infiltrasi lambat jika tanah tersebut sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (*clay* dan *colloids*) dengan laju meloloskan air lambat.

Kelompok D : terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Terutama tanah liat (*clay*) dengan daya kembang (*swelling*) tinggi, tanah dengan muka air tanah permanen tinggi, tanah dengan lapis lempung di dekat permukaan dan tanah yang dilapisi dengan bahan kedap air. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

Tabel 2.7. Kelompok Hidrologi Tanah

Kelompok Tanah	Laju infiltrasi (mm/jam)	Tekstur
A	8 – 12	Pasir, pasir berlempung, dan lempung berpasir
B	4 – 8	Lempung berdebu, lempung
C	1 – 4	Lempung pasir berliat
D	0 – 1	Lempung berliat, lempung debu berliat, liat berpasir, liat berdebu, liat

Sumber: Murtiono, 2008:177

Tabel 2.8. Bilangan Kurva Larian untuk Kondisi Hujan Awal II (U.S.SCS, 1972)

Tataguna Lahan	Cara Bercocok Tanam	Keadaan Hidrologi	Kelompok Tanah			
			A	B	C	D
Tidak dikerjakan	Larikan lurus	-	77	86	91	94
Tanaman berjajar	Larikan lurus	Buruk	72	81	88	91
	Larikan lurus	Baik	67	78	85	89
	Kontur	Buruk	70	79	84	88
	Kontur	Baik	65	75	82	86
	Teras	Buruk	66	74	80	82
	Teras	Baik	62	71	78	81
Padi, gandum	Larikan lurus	Buruk	63	74	82	85
	Kontur	Baik	61	73	81	84
	Teras	Buruk	61	72	79	82
	Teras	Baik	59	70	78	81
Tanaman Legume	Larikan lurus	Buruk	66	77	85	89
	Larikan lurus	Baik	58	72	81	85

Lanjutan Tabel 2.8.

Tataguna Lahan	Cara Bercocok Tanam	Keadaan Hidrologi	Kelompok Tanah			
			A	B	C	D
Tanaman	Kontur	Buruk	64	75	83	85
Legume	Kontur	Baik	55	68	78	83
	Teras	Buruk	63	73	80	83
	Teras	Baik	51	67	76	80
Padang Rumput		Buruk	68	79	86	89
		Baik	39	61	74	80
Tegakan hutan Tidak rapat		Buruk	45	66	77	83
		Cukup	36	60	73	79
		Baik	25	55	70	77
Tanah pertanian			59	74	82	86
Pengembangan kota			77	86	91	94

Sumber: Asdak, 2004:183

Seperti yg telah diketahui, air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut infiltrasi. Sebagaimana lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan lalau mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena aliran air permukaan inilah yang disebut air larian (Asdak, 2004:151). Oleh karena itu, untuk menghitung besarnya infiltrasi dapat dilakukan dengan cara mengurangi besarnya curah hujan tahunan dengan besarnya air larian.

2.4. Sistem Informasi Geografi (SIG)

2.4.1. Definisi

Definisi SIG selalu berkembang, bertambah dan bervariasi. Hal ini terlihat dari banyaknya definisi SIG yang telah beredar. Salah satu definisi yang diberikan oleh *ESRI 90* (Prahasta, 2002), SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, mengupdate, memanipulasi, menganalisis dan merapikan semua bentuk informasi yang menggunakan referensi geografi. Adapun kegunaan SIG adalah:

1. Teknologi SIG menggabungkan data spasial lain dalam satu sistem, dimana sistem ini menawarkan suatu kerangka yang konsisten untuk analisa geografi.
2. Dengan menggabungkan peta dan informasi spasial yang lain dalam bentuk digital, SIG bisa digunakan untuk manipulasi dan penampilan yang terbaru dari pengetahuan SIG.
3. SIG menghubungkan antara aktivitas-aktivitas berdasarkan kedekatan geografi.

2.4.2. Subsistem SIG

Dengan memperhatikan definisi-definisi diatas, maka SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem, yaitu (Prahasta, 2002):

1. *Data input*

Subsistem ini bertugas mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Subsistem ini juga bertanggung jawab mengkonversi atau mentransformasikan format-format data asli kedalam format yang dapat dipakai oleh SIG.

2. *Data Output*

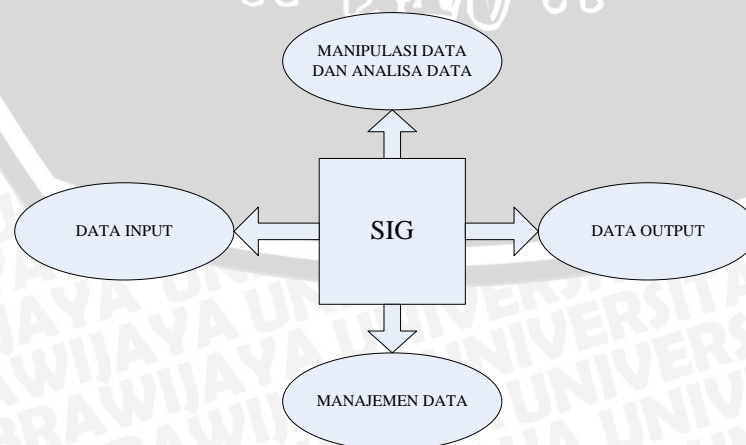
Subsistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun bentuk *hardcopy* seperti grafik, tabel, peta, dll.

3. *Data Management*

Subsistem ini mengorganisasikan data spasial maupun atribut kedalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, *diupdate* dan *diedit*.

4. *Data Manipulation and Analysis*

Subsistem ini menentukan informasi-informasi lain yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi dan permodelan data untuk menghasilkan informasi yang dihasilkan.



Gambar 2.8. Subsistem-subsistem SIG

Sumber: Prahasta (2002)

2.4.3. Komponen SIG

SIG merupakan sistem kompleks yang terdiri dari beberapa komponen seperti di bawah ini (Prahasta, 2002:60):

1. Perangkat Keras

SIG tersedia untuk beberapa platform perangkat keras mulai dari PC *desktop*, *workstation*, hingga *multiuser host*. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (*PC*), *mouse*, *digitizer*, *pointer*, *plotter* dan *scanner*.

2. Perangkat Lunak

SIG merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap subsistem (*data input*, *data output*, *data management*, *data manipulasi* dan *analisis*) diimplementasikan dengan menggunakan beberapa modul.

3. Data dan Informasi Geografi (*Basis data*)

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara langsung dengan cara mengimport-nya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dengan menggunakan *keyboard*.

4. Manajemen (Sumber Daya Manusia/*Brainware*)

Suatu proyek SIG akan berhasil jika dimanajemen dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.

2.4.4. Cara Kerja SIG

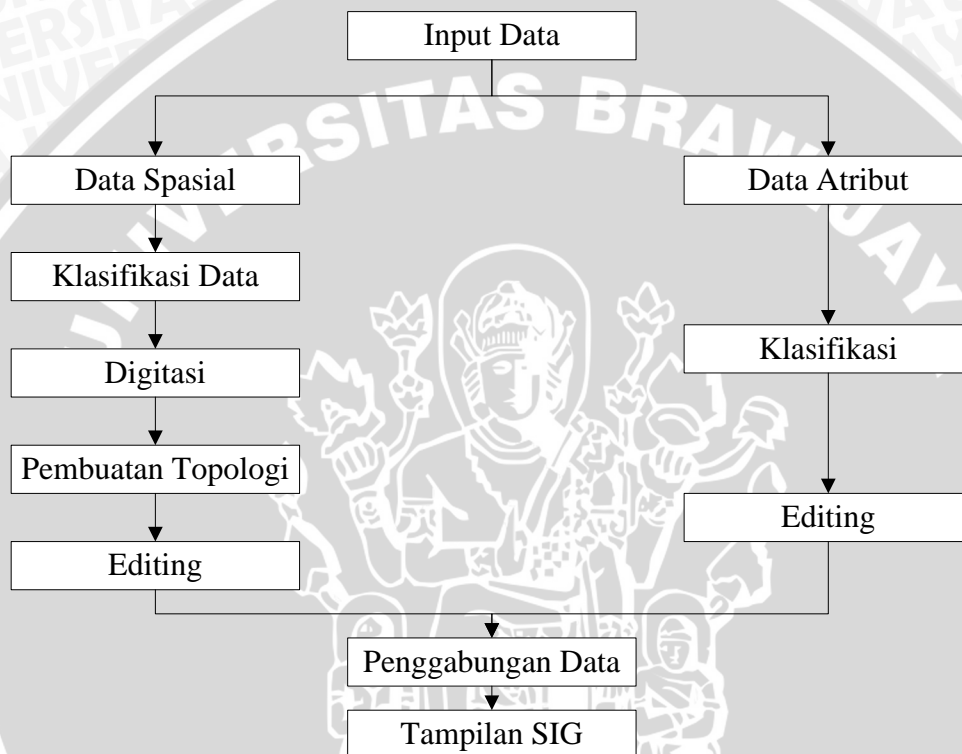
Dalam SIG, peta merepresentasikan dunia nyata diatas monitor komputer sebagaimana lembaran peta merepresentasikan dunia nyata diatas kertas. Obyek-obyek yang direpresentasikan diatas peta disebut unsur peta atau *map features* (sungai, sawah, jalan dan lain-lain). Peta dapat dengan baik memperlihatkan hubungan antar unsur-unsurnya.

Titik, garis dan poligon digunakan dalam SIG untuk merepresentasikan obyek-obyek dunia nyata. Sungai ditampilkan sebagai garis, sawah sebagai poligon dan lain-lain. Unsur - unsur dalam peta tersebut mempunyai koordinat dibumi sehingga dapat digunakan sebagai data spasial. Skala peta menentukan ukuran dan bentuk representasi unsur-unsurnya. Makin meningkat skala peta, makin besar ukuran unsur-unsurnya.

Dalam basis data SIG, semua informasi deskriptif unsur peta disimpan sebagai data atribut. SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel, kemudian SIG menghubungkan unsur-unsur peta dengan tabel data atribut yang bersangkutan sehingga atribut-atribut ini dapat ditampilkan melalui unsur-unsur peta dan sebaliknya unsur-unsur peta dapat ditampilkan melalui atribut-atributnya.

2.4.5. Tahapan Pengerjaan SIG

Untuk memudahkan pemahaman tentang tahapan-tahapan pengerjaan SIG, berikut ini diberikan bagan pengerjaan SIG.



Gambar 2.9. Tahapan Pengerjaan SIG

Keterangan:

- a. Data Spasial : adalah data yang merepresentasikan kondisi suatu obyek. Secara umum data spasial dibagi menjadi data raster dan data vektor. Data raster menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid (Prahasta, 2002:39). Data vektor menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau poligon beserta atribut-atributnya (Prahasta, 2002: 151).
- b. Data Atribut : adalah data yang berupa keterangan dari unsur-unsur peta, biasanya berbentuk tabel-tabel.

- c. Klasifikasi data : adalah proses pengaturan data atau klasifikasi dari peta, terutama mengenai tema dari peta (peta tata guna lahan, peta jenis tanah dan lain-lain) dan jenis unsur geografis (garis, titik dan poligon).
- d. Digitasi : adalah proses memasukkan data digital kedalam komputer. Pemasukan data digital ini dilakukan dengan melalui perangkat lunak *AutoCAD*, *AutoCAD Map* ataupun *ArcView*. Pada studi ini digunakan *ArcView* sebagai perangkat lunak untuk digitasi.
- e. Topologi : adalah konsep atau metode matematis yang digunakan dalam mendefinisikan hubungan spasial diantara unsur-unsurnya. Dalam studi ini, proses pembangunan topologi digunakan perintah *build* dan *clean* pada perangkat lunak *ArcInfo*.

2.4.6. Pembuatan Peta Digital

Peta digital adalah suatu peta dimana data-datanya terstruktur dalam format komputer dan penyajiannya berupa layar monitor. Untuk merubah peta analog menjadi peta digital dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara manual digitasi dan dengan cara otomatis digitasi. Cara manual digitasi menggunakan meja *digitizer* dan dilakukan secara manual. Cara ini termasuk sangat lambat bila dibandingkan dengan cara otomatis *digitizer* yang hanya membutuhkan waktu beberapa jam atau menit saja karena seluruh data sudah berada dalam format komputer sehingga dapat dilakukan perubahan atau penambahan, dan bagi pembuat keputusan atau perencanaan dapat melakukan analisa atau seleksi data untuk berbagai macam keperluan dengan cepat dan mudah.

2.4.7. Manipulasi Data Atribut

Untuk pemasukan data atribut dilakukan dengan perangkat lunak *Microsoft Excel* sesuai dengan informasi masing-masing peta. Data-data atribut disusun dalam bentuk tabel dan masing-masing unsur yang berbeda diberi ID (identitas) yang tidak sama antara satu dengan yang lainnya. Pemberian ID tersebut sama dengan nomor label yang diberikan pada setiap data spasial (titik, garis dan poligon) dalam proses *editing*.

2.4.8. Analisa Tumpang Susun (*Overlay*)

Tumpang susun merupakan proses penggabungan dua buah peta untuk membentuk peta baru. Operasi tumpang susun merupakan operasi menggabungkan dua peta berikut jenis atributnya untuk menghasilkan peta yang ditumpang susun. Operasi yang sering digunakan ada tiga macam, yaitu:

1. Intersect Two Themes

Operasi ini memotong suatu *theme* (tema) *input* sesuai dengan bentuk dari tema *overlay* untuk menghasilkan suatu tema *output* dengan bentuk tersebut yang mempunyai data atribut dari tema kedua-duanya.



2. Union Two Themes



Operasi ini merupakan penggabungan antara dua tema tersebut berikut dengan data atribut dari kedua tema tersebut.

3. Clip One Theme Based on Another

Operasi ini biasanya digunakan untuk memotong tema menjadi bagian atau daerah yang lebih kecil sesuai dengan keperluan.



Analisa SIG bisa menggunakan perangkat lunak *ArcView*, *ArcInfo*, *MapInfo*, dll. Dalam studi ini, analisa SIG dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *ArcInfo 10.1* atau *ArcGIS 10.1*.

2.4.9. Keluaran Data

Keluaran data dari SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk menampilkan informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan pengguna. Keluaran data terdiri dari tiga bentuk, yaitu: cetakan, tayangan dan data digital.

Bentuk cetakan dapat berupa peta maupun tabel yang dicetak dengan media kertas, film atau media lain. Bentuk tayangan berupa tampilan gambar di monitor komputer. Keluaran data dalam bentuk data digital berupa arsip yang dapat dibaca oleh komputer. Bentuk data digital digunakan untuk memindahkan data ke sistem komputer yang lain ataupun untuk menghasilkan cetakan ditempat lain.

2.5. Metode *SINTACS*

2.5.1. Definisi

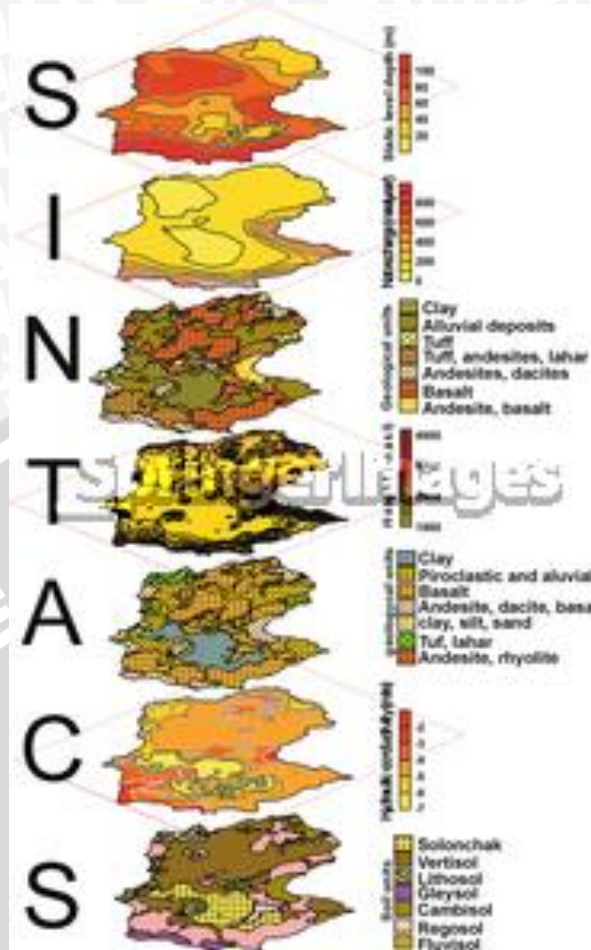
SINTACS merupakan modifikasi dari sistem *DRASTIC* yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA) pada tahun 1980 untuk memetakan kerentanan suatu akuifer yang terkena polusi menurut kondisi hidrogeologi yang mempengaruhi pergerakan air dari permukaan menuju akuifer pada suatu daerah.

Metode *SINTACS* telah banyak digunakan, karena metode ini memberikan hasil yang sebanding dengan metode lain yang dirancang khusus, memungkinkan definisi yang lebih rinci dan obyektif kerentanan.

Metode *SINTACS* 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*, *range* dan *rating*.

SINTACS merupakan akronim dari 7 faktor hidrogeologi yang mempengaruhi kerentanan airtanah. Tujuh parameter *SINTACS* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Soggiacenza* (Kedalaman Muka Airtanah)
2. *Infiltrazione Efficace* (Laju Pengisian Kembali)
3. *Non - Saturo* (Kondisi Zona Tak Jenuh)
4. *Tipologia Della Copertura* (Tekstur Tanah)
5. *Acquifero* (Media Akuifer)
6. *Conducibilità Idraulica Dell'Acquifero* (Konduktivitas Hidraulik)
7. *Superficie Topografica* (Kemiringan Lereng)



Gambar 2.10. Sistematika Metode *SINTACS*

Sumber: http://www.springerimages.com/Images/Geosciences/1-10.1007_s12665-009-0434-5-2.html

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

2.5.2. Parameter *SINTACS*

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

1. *Soggiacenza* (Kedalaman Muka Airtanah)

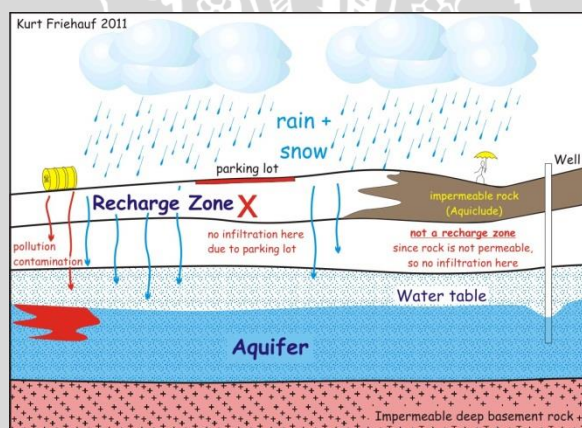
Kedalaman airtanah adalah jarak airtanah dari permukaan tanah dengan permukaan di bawah tanah. Kedalaman airtanah menggambarkan kedalaman permukaan air di bawah tanah dari permukaan topografis dan merupakan jarak minimum yang harus ditempuh oleh polutan untuk mencapai zona jenuh (*saturated*

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 data sumur pengujian akuifer atau laporan hidrogeologi.

2. *Infiltrazione Efficace* (Laju Pengisian Kembali)

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



Gambar 2.11. Laju Pengisian Kembali

Sumber: http://faculty.kutztown.edu/friehauf/hydrostudies/sourcewater_project.html

Laju pengisian kembali 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 air tanahnya. Parameter ini dihitung berdasarkan jumlah rata-rata infiltrasi curah hujan dan tidak memperhitungkan distribusi dan intensitas curah hujannya.

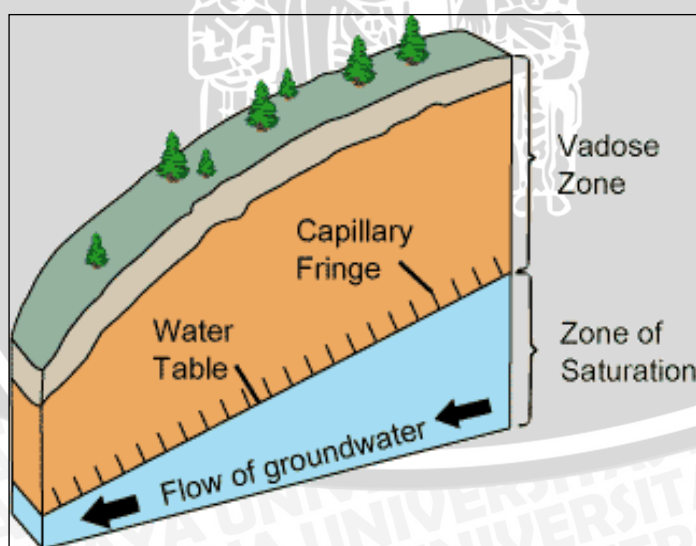
Laju pengisian kembali di suatu area umumnya berdasarkan dari data curah hujan, pengguna seharusnya dapat memperkirakan nilai laju pengisian kembali sebagai

hasil hitung dari jumlah curah hujan dikurangi limpasan permukaan, evaporasi dan transpirasi. Saat menggunakan metode ini dalam menentukan nilai laju pengisian kembali, pastikan bahwa nilai yang digunakan masuk akal karena nilai laju pengisian kembali sebenarnya juga dipengaruhi faktor lain seperti *slope* dan permeabilitas tanah. Sumber data untuk parameter laju pengisian kembali didapatkan dari laporan sumber daya air yang digabungkan dengan data curah hujan dari badan klimatologi.

3. *Non - Saturo* (Kondisi Zona Tak Jenuh)

Non - Saturo (Kondisi Zona Tak Jenuh) digambarkan sebagai zona yang tak jenuh (*unsaturated*) di atas muka airtanah pada zona jenuh. Dalam metode *SINTACS*, harus dipilih media di lapisan *vadose zone* yang berpotensi mempengaruhi terjadinya polusi. 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 laporan geologi yang dipublikasikan.



Gambar 2.12. *Vadose Zone*

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Vadose_zone

4. *Tipologia Della Copertura (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. 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 laporan survei tanah yang dipublikasikan atau proyek pemetaan yang biasa dilaksanakan oleh badan konservasi tanah.

5. *Acquifero (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 biasanya diperoleh dari laporan hidrogeologi dan geologi yang dipublikasikan.

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 batumannya, 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,

6. *Conducibilità Idraulica Dell'Acquifero* (Konduktivitas Hidraulik)

Conducibilità Idraulica Dell'Acquifero / konduktivitas hidraulik / koefisien 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. Nilai K terkait erat dengan distribusi ukuran butir tanah dan porositas.

Sumber data untuk parameter ini dapat diperoleh dari laporan hidrogeologi yang dipublikasikan. Dari semua parameter, informasi data untuk parameter ini mungkin yang paling susah ditemukan. Karena sangat berhubungan dengan dengan parameter media akuifer, jika dibutuhkan nilai konduktivitas hidraulik dapat dicari berdasarkan media akuifernya. Nilai konduktivitas hidraulik bisa didapatkan dari Tabel 2.9. menurut Moris & Johnson 1976 dan menurut Todd 1980.

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 2.9. 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)

7. *Superficie Topografica* (Kemiringan Lereng)

Topografi merupakan tingkat kemiringan lereng dari permukaan tanah. Topografi membantu mengendalikan kemungkinan suatu polutan akan melimpas dan meresap ke dalam lapisan tanah. 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 *SINTACS*.

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 peta topografi yang dipublikasikan badan pemerintah berwenang.

2.5.3. Pengolahan Data

Tiap parameter *SINTACS* sejak awal telah dievaluasi untuk menentukan pentingnya satu faktor dengan faktor yang lain, yang diwakilkan dengan nilai bobot (*weight*). Tiap parameter ini telah ditetapkan nilai bobotnya yaitu antara 1-5. Jika parameter tersebut menyebabkan dampak yang sangat besar, maka parameter yang bersangkutan mempunyai nilai bobot 5, dan sebaliknya jika faktor tersebut

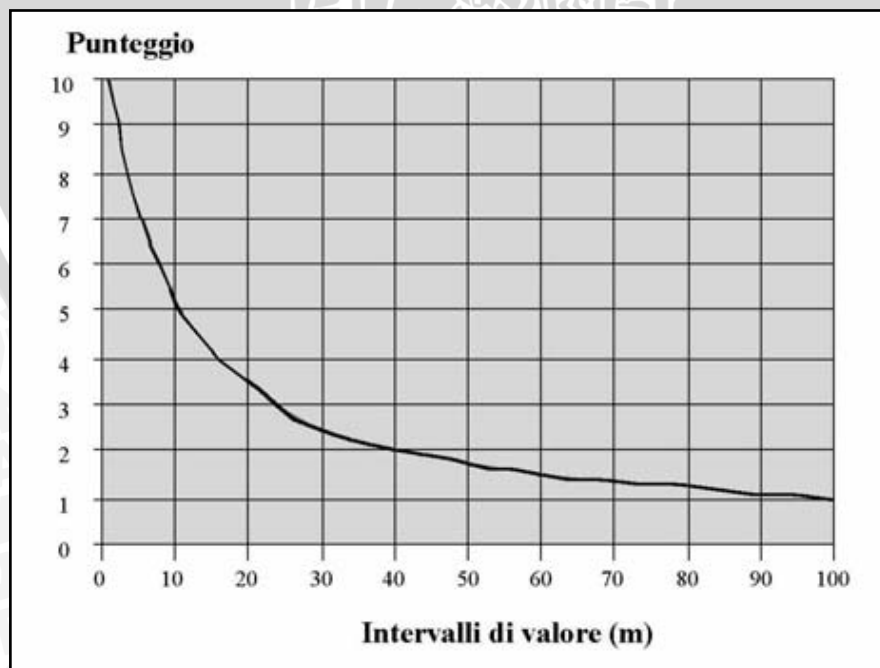
menyebabkan dampak yang kecil maka akan memiliki nilai bobot 1. Nilai bobot dari masing-masing parameter disajikan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Nilai Bobot dari Parameter *SINTACS*

Parameter	Nilai Bobot
Kedalaman Muka Airtanah (S_w)	5
Laju Pengisian Kembali (I_w)	4
Kondisi Zona Tak Jenuh (N_w)	5
Tekstur Tanah (T_w)	3
Media Akuifer (A_w)	3
Konduktivitas Hidraulik (C_w)	3
Kemiringan Lereng (S_w)	3

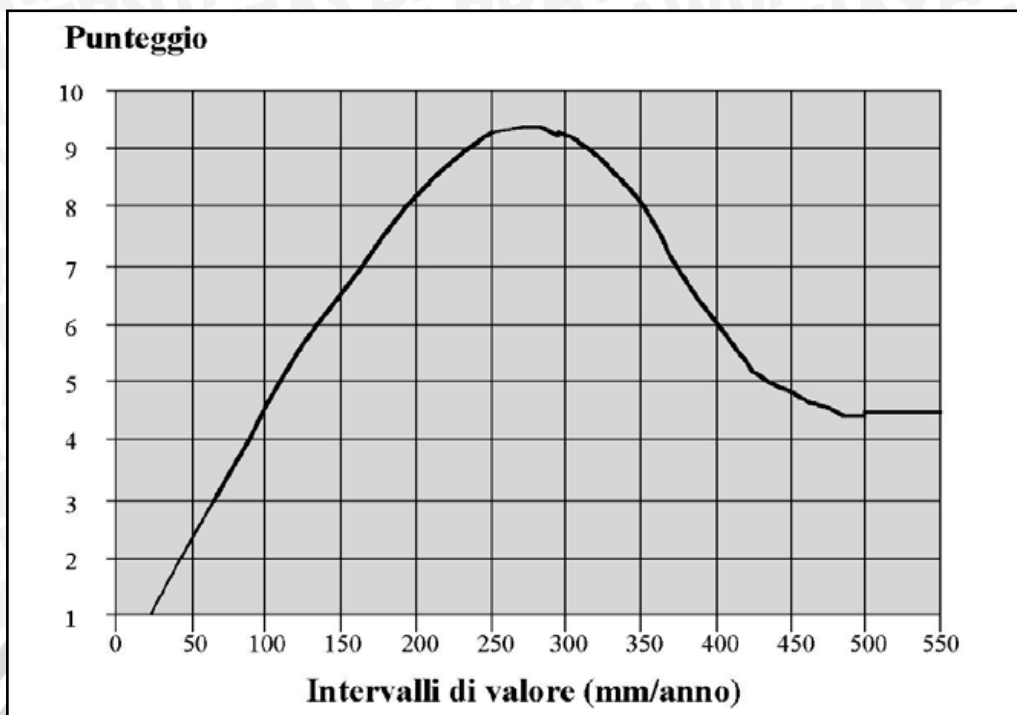
Sumber: Civita., 2004 : 8

Masing-masing parameter *SINTACS* berdasarkan nilai *range* (tingkatan) atau berbagai tipe media yang berpengaruh dalam potensi polusi yang akan terjadi. Tiap *range* parameter telah ditetapkan suatu nilai skor (*rating*) yang berkisar antara 1–10. Semakin besar nilainya, menandakan jenis (dari parameter *SINTACS*) tersebut semakin berpotensi menyebabkan polusi. Jenis parameter dengan nilai skor 8, 9 dan 10 memiliki nilai kerentanan yang sangat tinggi untuk menyebabkan potensi polusi. Kisaran *range* dan *rating* dari masing-masing parameter *SINTACS* disajikan pada Gambar 2.11. sampai Gambar 2.17.



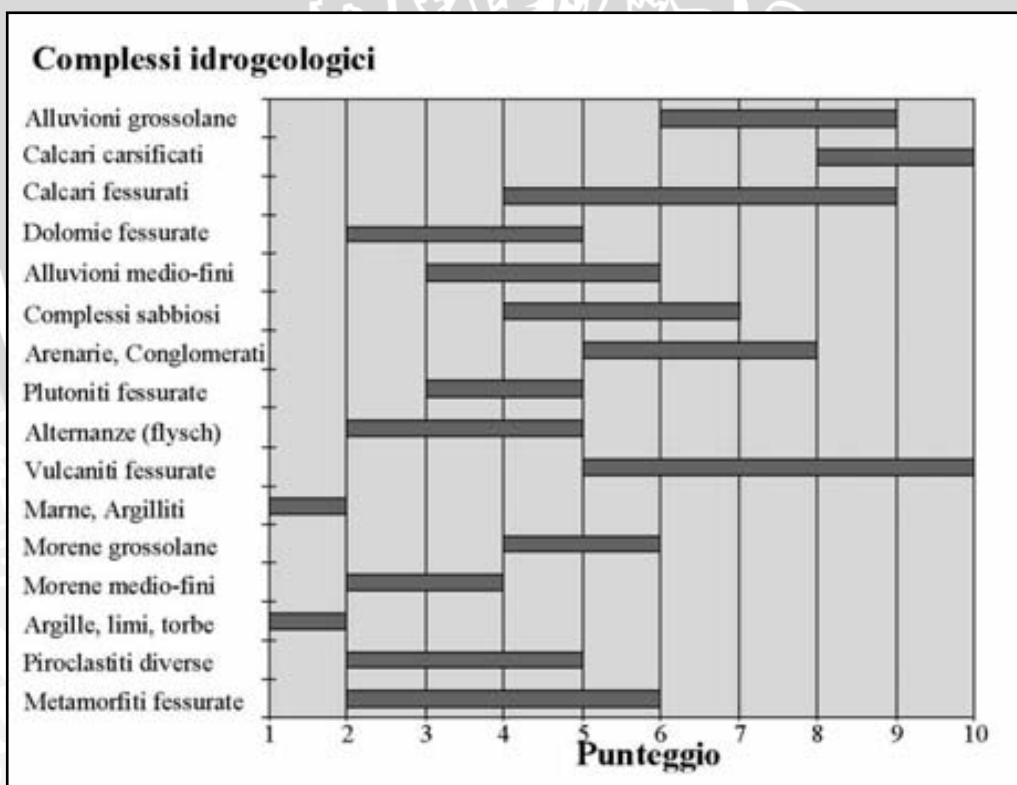
Gambar 2.13. Nilai Skor dari Kedalaman Muka Airtanah

Sumber : ANPA (2001 :23)



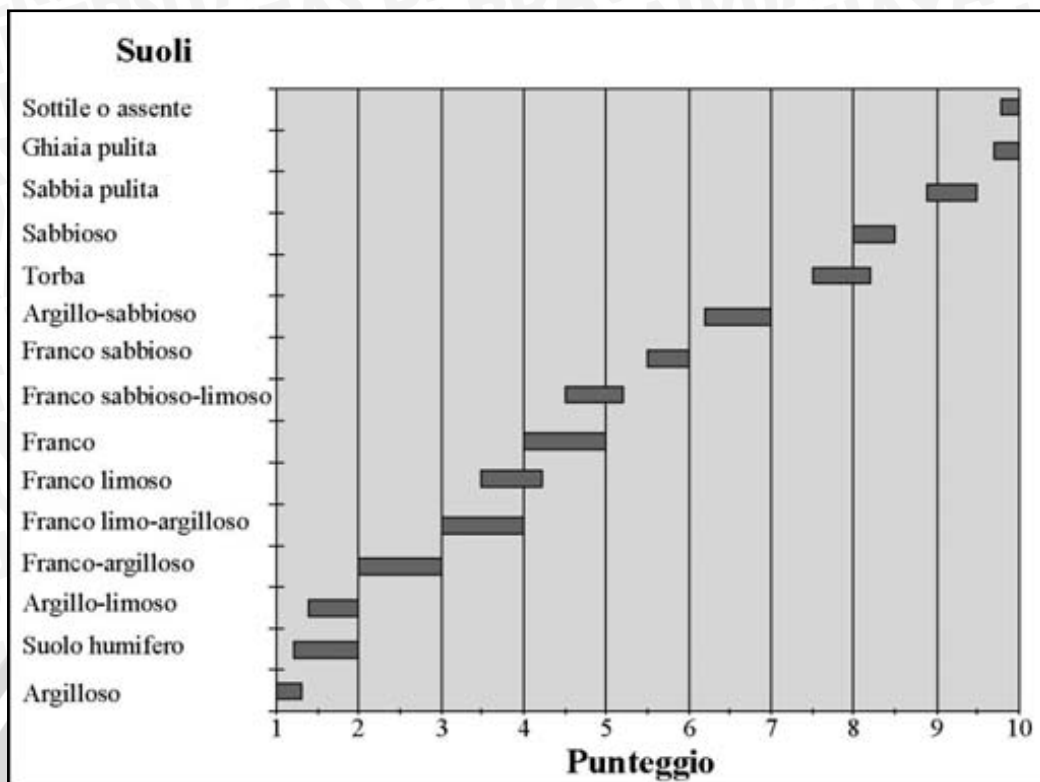
Gambar 2.14. Nilai Skor dari Laju Pengisian Kembali

Sumber : ANPA (2001 :25)



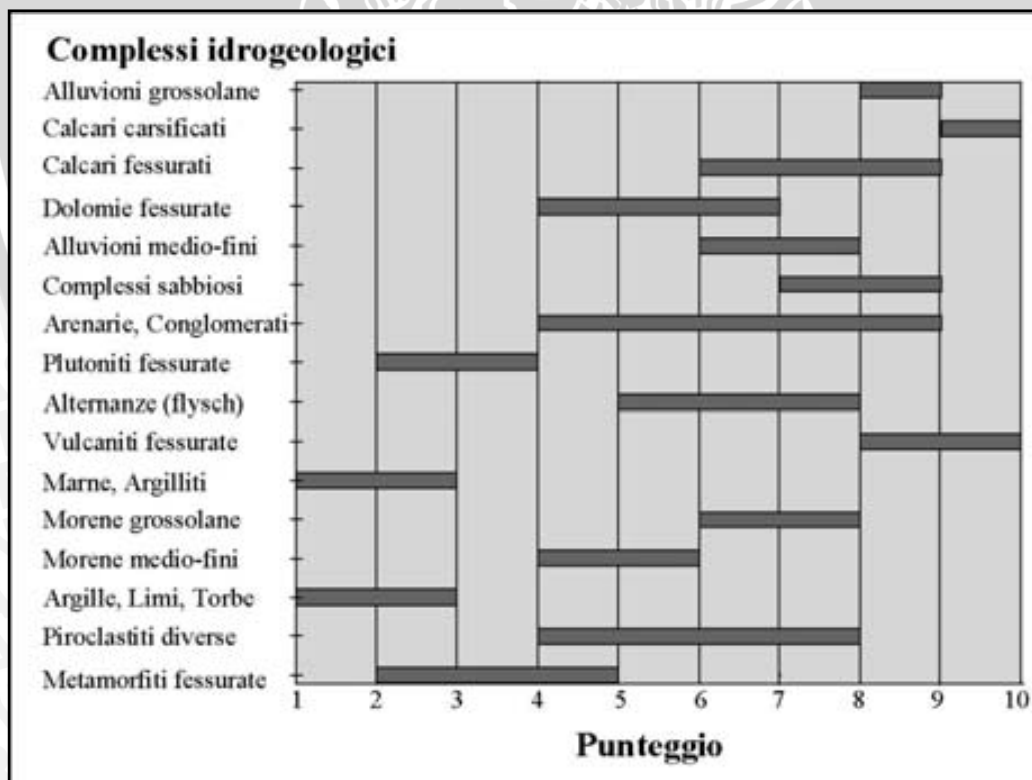
Gambar 2.15. Nilai Skor dari Kondisi Zona Tak Jenuh

Sumber : ANPA (2001 :27)



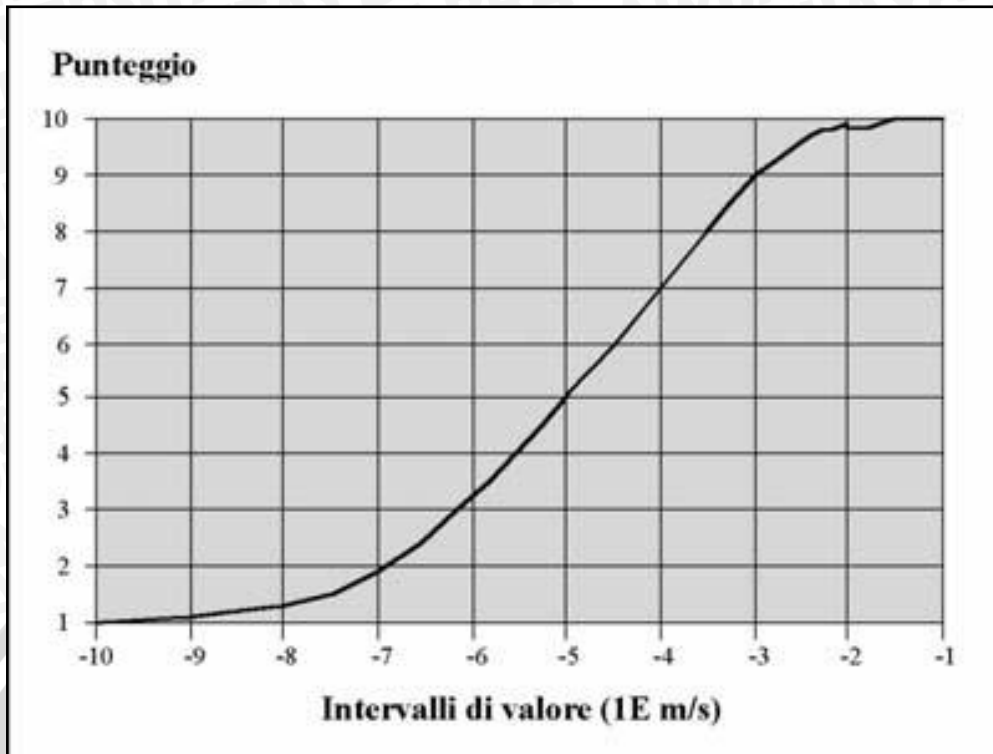
Gambar 2.16. Nilai Skor dari Tekstur Tanah

Sumber : ANPA (2001 :30)



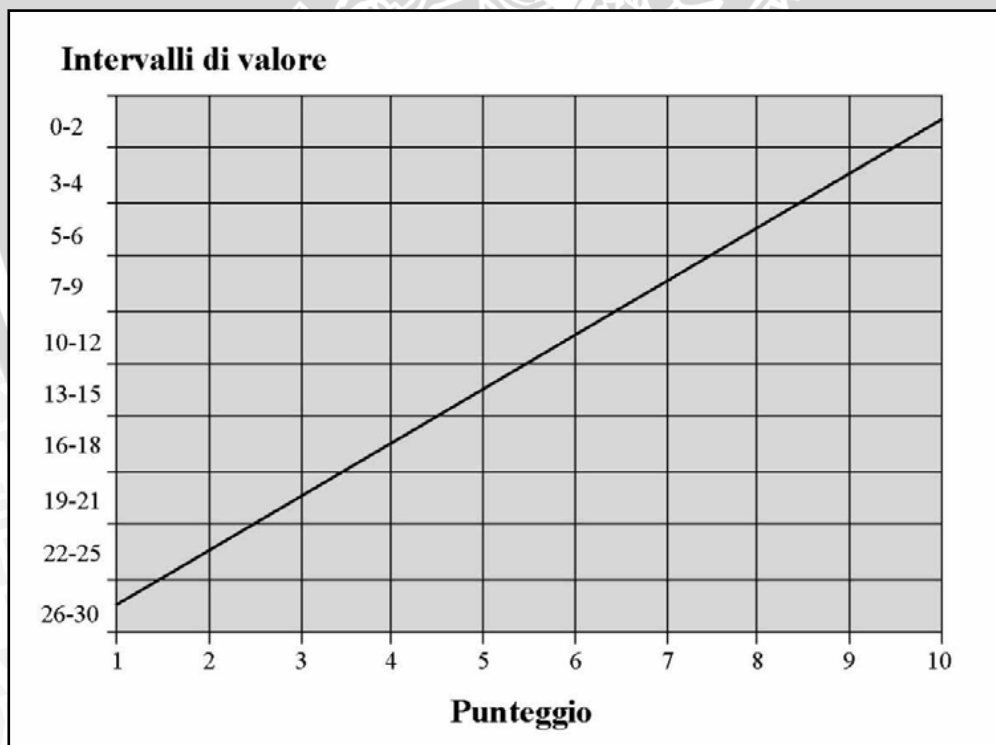
Gambar 2.17. Nilai Skor dari Media Akuifer

Sumber : ANPA (2001 :32)



Gambar 2.18. Nilai Skor dari Konduktivitas Hidraulik

Sumber : ANPA (2001 :33)



Gambar 2.19. Nilai Skor dari Kemiringan Lereng

Sumber : ANPA (2001 :34)

Untuk menentukan potensi terjadinya polusi atau tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi ditetapkan dengan suatu nilai yang disebut *Indeks SINTACS*. Tingkat

kerentanan ini dihitung dengan cara menjumlahkan nilai skor (*rating*) dari tiap parameter setelah dikalikan dengan nilai bobot (*weight*) masing-masing. Persamaan untuk menentukan *Indeks SINTACS* adalah:

$$I_{Sintacs} = S_r \cdot S_w + I_r \cdot I_w + N_r \cdot N_w + T_r \cdot T_w + A_r \cdot A_w + C_r \cdot C_w + S_r \cdot S_w \quad (2-7)$$

Keterangan:

S_r : Nilai Skor dari Kedalaman Muka Airtanah

S_w : Nilai Bobot dari Kedalaman Muka Airtanah

I_r : Nilai Skor dari Laju Pengisian Kembali

I_w : Nilai Bobot dari Laju Pengisian Kembali

N_r : Nilai Skor dari Kondisi Zona Tak Jenuh

N_w : Nilai Bobot dari Kondisi Zona Tak Jenuh

T_r : Nilai Skor dari Tekstur Tanah

T_w : Nilai Bobot dari Tekstur Tanah

A_r : Nilai Skor dari Media Akuifer

A_w : Nilai Bobot dari Media Akuifer

C_r : Nilai Skor dari Konduktivitas Hidraulik

C_w : Nilai Bobot dari Konduktivitas Hidraulik

S_r : Nilai Skor dari Kemiringan Lereng

S_w : Nilai Bobot dari Kemiringan Lereng

Dari hasil penjumlahan indeks potensial pencemaran akan didapatkan nilai *Indeks SINTACS* yang menggambarkan tingkat kerentanan airtanah di suatu area. Setelah nilai *Indeks SINTACS* didapatkan, pengidentifikasian area yang rentan terhadap pencemaran dibandingkan area yang lain bisa dilakukan. Semakin tinggi nilai *Indeks SINTACS*, semakin besar kerentanan suatu area untuk terkena polusi (Corniello, 2004:5).

Tabel 2.11. Kriteria Tingkat Kerentanan Pencemaran

Tingkat Kerentanan	<i>Indeks SINTACS</i>
Tinggi Ekstrim	≥ 211
Sangat Tinggi	210 - 187
Tinggi	186 - 141
Sedang	140 - 106
Rendah	105 - 81
Sangat Rendah	≤ 80

Sumber : Corniello (2004:5)

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

2.5.4. Contoh Hasil Pemetaan dari Perhitungan *Indeks SINTACS*

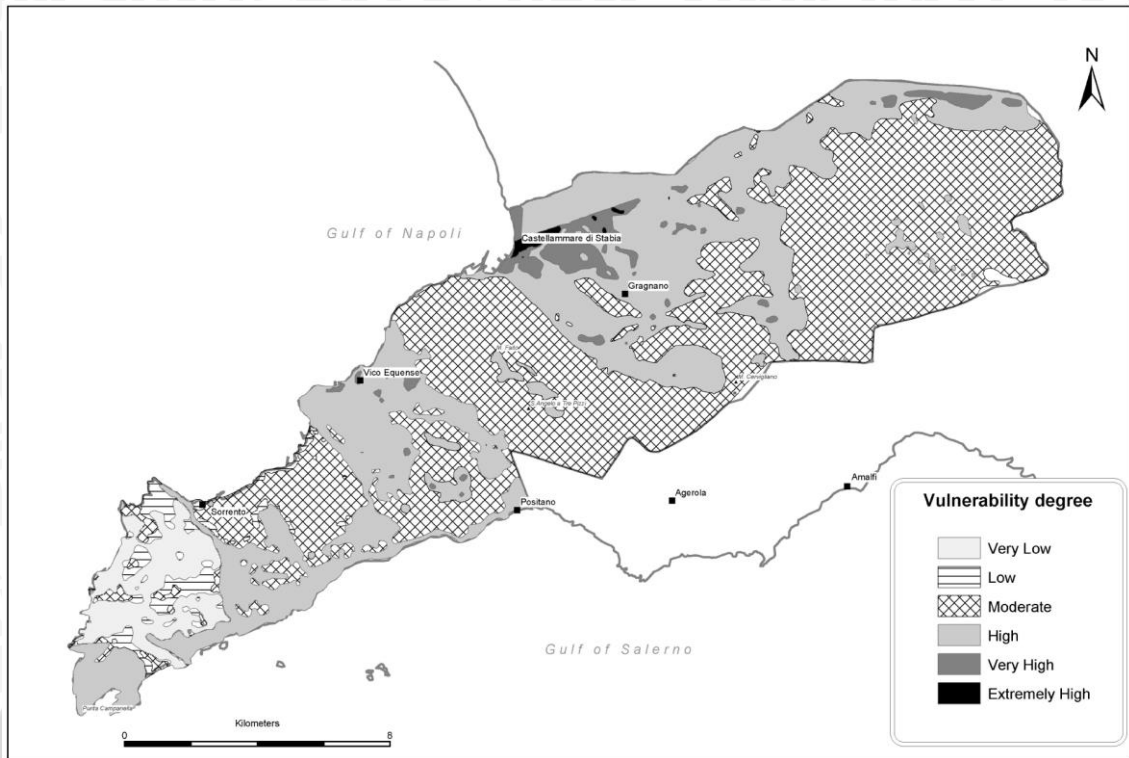
Peta tingkat kerentanan dibuat dengan program *ArcGIS 10.1*, yang menggabungkan (*overlay*) data atribut dan peta masing-masing parameter *SINTACS*. Setelah sebelumnya didapatkan nilai *Indeks SINTACS*, kemudian pada peta tingkat kerentanan total ini, nilai tersebut diklasifikasikan kembali menjadi tingkat kerentanan rendah, sedang dan tinggi.

Peta kerentanan airtanah tidak tergantung dari bahan-bahan kimia yang masuk ke dalam tanah yang dapat menyebabkan polusi. Peta ini hanya metitik beratkan pada *hidrogeology setting* yang menyebabkan airtanah tersebut dengan mudah terkontaminasi polutan. Peta kerentanan airtanah secara umum dapat mendeskripsikan faktor hidrogeologi yang mempengaruhi pergerakan airtanah kedalam, melalui dan keluar area (dalam hal ini adalah 7 parameter *SINTACS*). Hal ini dipengaruhi oleh proses *overlay* (tumpang susun) dari 7 parameter *SINTACS* dalam proses pemetaan yang dalam tugas akhir ini dilakukan melalui *MapInfo atau ArcGIS 10.1*.

Peta yang dihasilkan dari perhitungan *Indeks SINTACS* adalah peta yang memiliki suatu kode warna yang berfungsi untuk menunjukkan *range* seperti pada legenda peta. Kode warna itu digunakan untuk membantu menentukan terjadinya kerentanan airtanah terhadap polusi pada suatu area.

Kode warna yang dipilih merupakan warna-warna yang memiliki spektrum-spektrum warna-warna terang (seperti: merah, jingga dan kuning) yang menjelaskan dan menggambarkan area dengan potensi pencemaran cukup tinggi dan warna-warna penenang (seperti: hijau, biru dan ungu) yang menggambarkan area dengan potensi tingkat pencemaran lebih rendah.

Hasil dari perhitungan nilai *Indeks SINTACS* pada peta ditunjukkan dengan nilai yang bervariasi pada tiap-tiap daerah berupa poligon yang menggambarkan level kerentanan yang berbeda-beda antara satu dengan yang lain. Pada peta tersebut terdapat informasi yang menggambarkan kerentanan suatu area terkena polusi airtanah berdasarkan tujuh parameter *SINTACS*. Contoh hasil pemetaan dari hasil perhitungan *Indeks SINTACS* disajikan dalam Gambar 2.20.



Gambar 2.20. Contoh Hasil Pemetaan Perhitungan *Indeks SINTACS*

Sumber: (Corniello, 2004 : 6)

Peta kerentanan airtanah hanya digunakan sebagai alat pengevaluasi dan tidak dibuat untuk menjelaskan unit-unit dari suatu pencemaran. Peta kerentanan airtanah dapat digunakan oleh para perencana dan para pengembang untuk mengkategorikan suatu area berdasarkan tingkat kerentanannya. Sehingga untuk kedepannya dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam hal penggunaan Sumber Daya Air dalam suatu area. Peta kerentanan airtanah dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menentukan lokasi / daerah industri yang berpotensi menyebabkan polusi dimasa yang akan datang sehingga dampak - dampak perkembangan potensi suatu daerah utamanya yang berhubungan dengan keberadaan Sumber Daya Air dapat diperkecil.