

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Airtanah

Airtanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi (Bisri, 1988:2). Airtanah merupakan salah satu sumber akan kebutuhan air bagi kehidupan makhluk di muka bumi.

2.1.1 Terjadinya Airtanah

1. Asal Airtanah

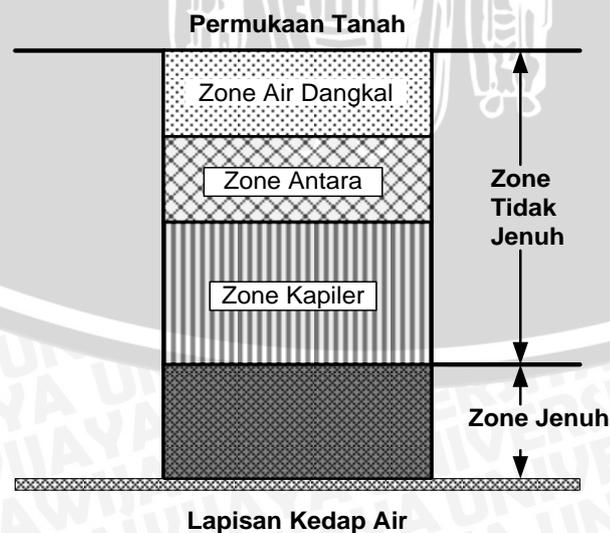
Hampir semua airtanah dapat dianggap sebagai bagian dari daur hidrologi, termasuk air permukaan dan air atmosfer. Sejumlah kecil airtanah yang berasal dari sumber lain dapat pula masuk dalam daur tersebut (Bisri, 1988:3).

2. Penyebaran Vertikal Airtanah

Terdapatnya air tanah di bawah permukaan tanah dapat dibagi dalam daerah jenuh (*zone of saturation*) dan daerah tidak jenuh (*zone of aeration*). Daerah tidak jenuh terdiri dari daerah air dangkal (*soil water zone*), daerah antara (*intermediate vadoze water zone*) dan daerah kapiler (*capillary water zone*). Penyebaran vertikal air tanah disajikan dalam Gambar 2.1.

a. Zone Jenuh

Dalam zone jenuh (*Zone of Saturation*) semua rongga terisi oleh air dibawah tekanan hidrostatik. Daerah jenuh sebelah atasnya dibatasi oleh batas lapisan jenuh atau lapisan kedap air, bawahnya merupakan lapisan kedap air, berupa tanah liat atau batuan dasar (*bedrock*). Air yang berada dalam zona jenuh dinamakan airtanah (Bisri, 1988:4).



Gambar 2.1 Penyebaran vertikal airtanah
Sumber: Bisri (1988:4)

b. Zone Tidak Jenuh

Zone tidak jenuh (*zone of aeration*) terdiri atas rongga-rongga yang berisi sebagian oleh air, sebagian oleh udara. Zone tidak jenuh terletak di atas zona jenuh sampai ke permukaan tanah. Air yang berada di dalam daerah tidak jenuh dinamakan air mengambang atau air dangkal (Bisri, 1988:4). Zona tidak jenuh terdiri dari zona dangkal, zona antara dan zona kapiler.

a) Zone Air Dangkal

Zone air dangkal (*Soil Water Zone*) dimulai dari permukaan tanah sampai ke zone akar utama (*major root zone*). Tebalnya beragam menurut jenis tanaman dan jenis tanah. Tanah di zone air dangkal ini berada di dalam keadaan tidak jenuh, kecuali kadang-kadang bila terdapat banyak air dipermukaan tanah seperti yang berasal dari curah hujan dan irigasi (Bisri, 1988:5).

b) Zone Antara

Zone antara (*Intermediate Vadoze Zone*) berada di antara batas bawah zone air dangkal sampai batas atas zone kapiler. Tebal dari zona antara sangat beragam dan berguna untuk mengalirkan air ke bawah sampai ke muka airtanah (Bisri, 1988:5).

c) Zone Kapiler

Zone kapiler (*Capillary Zone*) berada diantara permukaan airtanah sampai batas kenaikan kapiler dari air (Bisri, 1988:5).

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. 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 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.

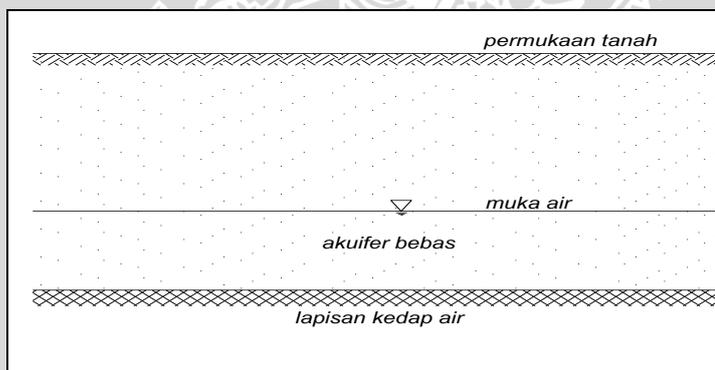
4. Akuitar

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*)

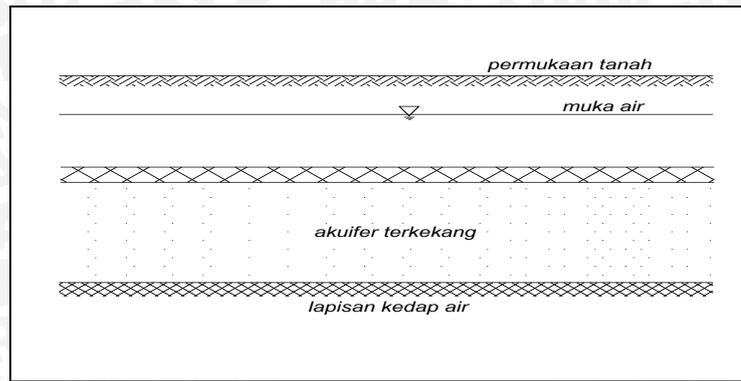
Akuifer bebas adalah suatu akuifer dimana muka airtanah merupakan bidang batas sebelah atas dari pada daerah jenuh air. Akuifer ini disebut juga *phreatic aquifer/non artesian aquifer/free aquifer*.



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

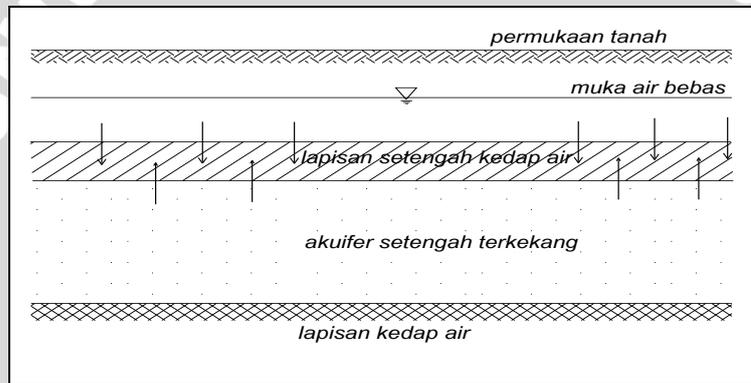
b. Akuifer Terkekang (*Confined Aquifer*)

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*.



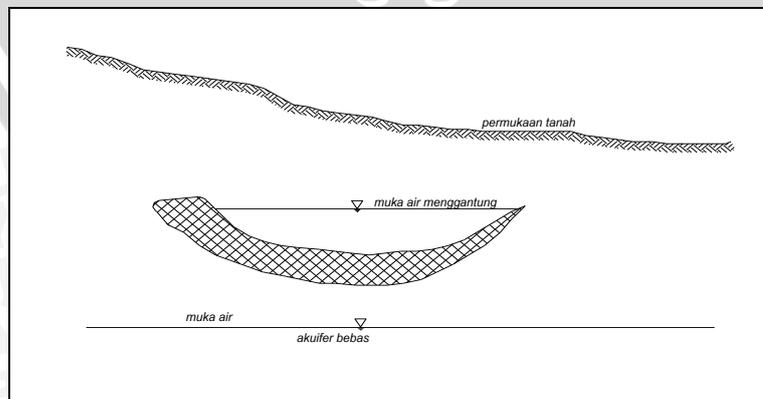
Gambar 2.3 Akuifer Terkekang
 Sumber: Bisri (1988:6)

- 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)

2.2 Penyelidikan Bawah Tanah

Penyelidikan bawah tanah bertujuan untuk mendapatkan kepastian secara terperinci mengenai lokasi, ketebalan, susunan akuifer, nilai kelulusan air maupun lokasi, gerakan, mutu dan jumlah air tanah. Banyak sekali metode yang digunakan dalam penyelidikan bawah tanah, salah satunya yang cukup banyak dipergunakan adalah pemboran uji.

Pemboran uji (*test drilling*) dapat memberikan kelengkapan data mengenai lapisan batuan/tanah secara tegak (vertikal) dan permukaan tanah sampai kedalaman yang diinginkan. Di samping melakukan pemboran uji, juga dilakukan pengukuran logging dengan maksud untuk membantu mendapatkan data yang paling mendekati ketepatannya. Salah satu metode yang cukup baik adalah Geologic Log, yaitu dengan jalan mengumpulkan contoh tanah setiap kedalaman selama dilakukan pemboran uji.

Dari data ini, kemudian dianalisis untuk setiap kedalaman satu meter agar dapat diketahui letak lapisan pembawa airnya (akuifer), sehingga rencana kedudukan serta panjang pipa penyaring (*screen*) dapat ditentukan. Hasil loggingnya merupakan diskripsi geologi dan daerah lubang bor yang kemudian digambarkan dalam bentuk log lithologinya. Setelah pelaksanaan pemboran selesai, dilakukan pencucian sumur (*development*), yaitu proses pengeluaran dan pembuangan material-material halus akuifer supaya air dapat masuk ke dalam sumur melalui pipa penyaring dengan mudah dan lancar (Bisri; 1988:13).

2.3 Uji Pemompaan (*Pumping test*)

Uji pemompaan adalah memompa air dari suatu sumur dengan debit tertentu, mengamati penurunan muka air selama pemompaan berlangsung dan mengamati pemulihan kembali muka air setelah pompa dimatikan sesuai dengan selang waktu tertentu.

Ada dua macam uji pemompaan, yaitu:

1. Pengujian Sumur (*well test*)
2. Pengujian Akuifer (*aquifer test*)

Dalam studi ini untuk mengetahui koefisien kelulusan air dilakukan pengujian akuifer.

2.3.1 Pengujian Akuifer (*Aquifer Test*)

Disebut pengujian akuifer karena yang paling utama diuji adalah lapisan pembawa airnya (akuifernya). Tujuan pengujian ini adalah (Bisri, 1988:117):

1. Untuk memperoleh sifat hidraulis akuifernya (koefisien keterusan atau transmisivitas akuifer) dengan jalan menganalisis data pengamatan. Dengan didapatkan harga T, maka dapat dihitung harga K (koefisien kelulusan air) dengan rumus $T = K.D$, dengan D adalah tebal akuifer.
2. Untuk menetapkan jenis akuifer yang dihadapi dan hasilnya dapat menambah kepastian terhadap hasil analisis diskripsi geologinya, juga memberikan keterangan atas besarnya debit hasil dan penurunan muka air di sumur.

Pada umumnya metode yang digunakan adalah metode uji menerus. Prinsipnya adalah dengan memompa air dari sumur uji dengan debit yang tertentu (konstan) dan selama waktu yang tertentu pula. Penurunan muka air diamati dan diukur di dalam sumur uji maupun sumur pengamat.

Untuk menentukan besarnya koefisien keterusan dapat digunakan beberapa metode, antara lain metode Theis, Jacob-Cooper, Chow, Pemulihan Theis, Thiem (untuk aliran tunak), dan sebagainya. Namun penerapan berbagai metode tersebut harus disesuaikan dengan kondisi alirannya dan jenis akuifer yang dihadapi.

Ada dua kondisi aliran airtanah, yaitu aliran tunak (*steady flow*) dan aliran tidak tunak (*unsteady flow*).

1. Aliran tunak (*steady flow*) yaitu aliran yang tidak berubah atau dapat dianggap tetap selama jangka waktu tertentu. Pada sumur pompa aliran tunak terjadi bila tercapai keseimbangan antara debit yang dipompa dengan debit yang masuk ke dalam akuifer.
2. Aliran tidak tunak (*unsteady flow*) yaitu aliran yang berubah selama jangka waktu tertentu. Pada sumur pompa aliran tidak tunak terjadi pada saat pemompaan air sumur dimulai sampai terjadi keadaan tunak dan pada saat berlangsungnya pemulihan kembali.

Kondisi aliran tunak pada akuifer bebas dapat dianalisis dengan metode-metode yang biasa dipakai pada akuifer terkekang dengan aliran tidak tunak seperti diatas. Dalam studi ini untuk aliran tidak tunak menggunakan metode Theis sedangkan aliran tunak menggunakan metode Thiem.

2.3.1.1 Metode Theis

Theis, yang telah mengembangkan rumus untuk aliran tidak tunak, yang mana telah diperkenalkan faktor waktu dan koefisien tampungan. Theis mencatat bahwa jika dari suatu sumur yang memasuki akuifer tertekan yang luas, dipompa dengan laju tetap, pengaruh debitnya meluas dengan bertambahnya waktu. Besarnya pengurangan tinggi

muka air tanah dikalikan dengan koefisien tampungan, kemudian dijumlahkan untuk seluruh luas daerah pengaruh, akan sama dengan debit. Karena airnya harus didapat dari pengurangan tampungan dalam akuifer, maka tinggi muka air tanah akan terus menurun selama akuifernya bekerja efektif secara tidak terbatas. Oleh karenanya, secara teoritis tidak terjadi keadaan tunak. Tetapi besarnya pengurangan muka airtanah akan menurun terus jika daerah pengaruhnya membesar (Bisri,1988:96).

Persamaan penurunan muka air tanah menurut Theis (Bisri, 1988:97):

$$S = \frac{Q}{4\mu.T} W(U) \quad (2-1)$$

$$K = \frac{T}{D} \quad (2-2)$$

dimana :

S = penurunan pisometer dengan jarak r (m) dari sumur yang dipompa

Q = debit tetap sumur yang dipompa (m³/detik)

T = transmisivitas akuifer (m²/detik)

D = kedalaman akuifer (m)

K = koefisien kelulusan air (m/hari)

T = waktu sejak dimulai pemompaan (detik)

r = jari-jari sumur pengamat diukur terhadap sumur yang dipompa (m)

$$W(U) = -0,5772 - \ln U + U - \frac{U^2}{2.2!} + \frac{U^3}{3.3!} - \frac{U^4}{4.4!} + \dots$$

W(U) = integral eksponensial atau fungsi sumur U atau fungsi sumur Theis

W(U) dapat diperoleh dengan menggunakan lengkung normal yang dibuat dengan memplot nilai W(U) Vs U, pada grafik log-log dengan W(U) sebagai sumbu vertikalnya.

Urut-urutan analisisnya adalah sebagai berikut:

1. Plot data hasil pengamatan dari sumur pengamat antara S sebagai ordinat dengan r²/t sebagai absis pada grafik log-log dengan skala yang sama dengan lengkung jenis.
2. Tumpukan grafik data lapangan ini pada bagian lengkung jenis dari theis dengan menjaga sumbu-sumbu kedua kertas grafik tetap dalam keadaan sejajar. Carilah titik-titik yang sama antara data lapangan dengan lengkung jenis.

Diperoleh titik tumpu tanding A (dibagian yang saling bertumpu) pada kedua kertas grafik. Untuk alasan mempermudah perhitungan, tentukan titik tumpu

tanding A sedemikian, sehingga ordinat dari grafik lengkung jenis $W(U)$ dan absis U merupakan bilangan sederhana (misalnya $W(U) = 6$ dan $U = 2E-6$).

3. Tentukan harga-harga S dan r^2/t sebagai koordinat A terhadap kertas grafik.
4. Masukkan harga Q , S , $W(U)$ ke dalam persamaan Theis untuk mendapatkan nilai T .

Tabel 2.1 Hubungan antara U dan $W(U)$

u	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
x 1	0.219	0.049	0.013	0.0038	0.0011	0.00036	0.00012	3.8E-05	1.2E-05
x 10^{-1}	1.82	1.22	0.91	0.70	0.56	0.45	0.37	0.31	0.26
x 10^{-2}	4.04	3.35	2.96	2.68	2.47	2.30	2.15	2.03	1.92
x 10^{-3}	6.33	5.64	5.23	4.95	4.73	4.54	4.39	4.26	4.14
x 10^{-4}	8.63	7.94	7.53	7.25	7.02	6.84	6.69	6.55	6.44
x 10^{-5}	10.94	10.24	9.84	9.55	9.33	9.14	8.99	8.86	8.74
x 10^{-6}	13.24	12.55	12.14	11.85	11.63	11.45	11.29	11.16	11.04
x 10^{-7}	15.54	14.85	14.44	14.15	13.93	13.75	13.60	13.46	13.34
x 10^{-8}	17.84	17.15	16.74	16.46	16.23	16.05	15.90	15.76	15.65
x 10^{-9}	20.15	19.45	19.05	18.76	18.54	18.35	18.20	18.07	17.95
x 10^{-10}	22.45	21.76	21.35	21.06	20.84	20.66	20.50	20.37	20.25
x 10^{-11}	24.75	24.06	23.65	23.36	23.14	22.96	22.81	22.67	22.55
x 10^{-12}	27.05	26.36	25.96	25.67	25.44	25.56	25.11	24.97	24.86
x 10^{-13}	29.36	28.66	28.26	27.97	27.75	27.56	27.41	27.28	27.16
x 10^{-14}	31.66	30.97	30.56	30.27	30.05	29.87	29.71	29.58	29.46
x 10^{-15}	33.96	33.27	32.86	32.58	32.35	32.17	32.02	31.88	31.76

Sumber : Bisri (1988:97)

2.3.1.2 Metode Thiem

Untuk kondisi pada aliran tunak, Thiem memberikan persamaan-persamaan di bawah ini (Bisri, 1988:117):

1. Bila lebih dari satu pisometer

$$T = \frac{2,30}{2\pi(S_1 - S_2)} \text{Log}(r_2/r_1) \quad (2-3)$$

2. Bila hanya ada satu pisometer

$$T = \frac{2,30}{2\pi(S_w - S_2)} \text{Log}(r_2/r_w) \quad (2-4)$$

3. Bila pisometer diabaikan

$$T = \frac{1,22 Q}{S_w} \quad (2-5)$$

Dimana:

T = transmisivitas akuifer (m^2/detik)

- Q = debit sumur yang dipompa ($m^3/detik$)
 S_1 = penurunan air pada pisometer 1 (m)
 S_2 = penurunan air pada pisometer 2 (m)
 r_1 = jarak pisometer 1 ke sumur pompa (m)
 r_2 = jarak pisometer 2 ke sumur pompa (m)
 r_w = jari-jari sumur yang dipompa (m)
 S_w = penurunan muka air di dalam sumur yang dipompa (m)

Untuk dapat mengartikan dari pengujian akuifer ini, diberikan nilai k dari beberapa macam batuan.

Tabel 2.2 Harga K koefisien kelulusan air dari berbagai batuan Moris & Johnson 1976

no	Macam Batuan	K (m/hari)	no	Macam Batuan	K (m/hari)
1	Kerikil	450	7	Batu pasir menengah	3,1
2	Kerikil menengah	270	8	Batu pasir halus	0,2
3	Kerikil kasar pasir kasar	150	9	Silt	0,08
4	Pasir kasar	45	10	Lempung	0,0002
5	Pasir menengah	12	11	Batu gamping	0,94
6	Pasir halus	2,5	12	Dolomit	0,001

Sumber: Bisri (1988:119)

2.4 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 perilkaunya, sifat – sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur – unsur hidup dalam air itu sendiri (Asdak, 2007:4). 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.

2.4.1 Uji Konsistensi Data

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 hujan

disebut konsistensi berarti data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi (Soewarno, 2000:199).

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.

Umumnya dilakukan dengan analisis kurva masa ganda, dengan menggambarkan besaran hujan kumulatif stasiun yang diuji dengan besaran hujan kumulatif rata-rata hujan dari beberapa stasiun referensi disekitarnya. Ketidakpanggaan data ditunjukkan dengan penyimpangan garisnya dari garis lurus. hal ini masih sering menimbulkan keraguan. Kesulitan yang lain adalah ketidakyakinan akan prosedur itu sendiri, karena dalam satu DAS, suatu stasiun akan berfungsi ganda, sebagai stasiun yang diuji dan stasiun referensi pada pengujian lain. (Harto, 1993:266)

Alat pengujian lain adalah menguji ketidakpanggaan data suatu stasiun dengan data dari stasiun itu sendiri, dengan mendeteksi penggeseran nilai rata-rata (mean). Cara ini lebih dapat diterima, diantaranya adalah *Von Neumann Test*, *Rescaled Adjusted Partial Sum (RAPS)*, *Weighted Adjusted Partial Sum*, *Worsley test* dan *Buishand test*.

Salah satu cara klasik adalah Von Neumann Ratio dalam persamaan (Harto, 1993:59):

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Y_i - Y_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2-6)$$

Data dikatakan panggang apabila nilai $E(N) = 2$

Buishand (1982) memperkenalkan cara cumulative deviation, yaitu nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata (mean) dengan :

$$S_o^* = 0, S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})^2, k = 1, \dots, n \quad (2-7)$$

Nilai $S_n^* = 0$. untuk data yang homogin, maka nilai S_k^* berkisar nol. Karena tidak terdapat kesalahan sistematik pada nilai Y_i terhadap nilai \bar{Y} rata-rata. Oleh sebab itu,

S_k^* (harga mutlak) dapat digunakan sebagai indikator terjadinya perubahan atau ketidakpanggaan. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) buishand 1982

$$S_k^{**} = S_k^* / Dy, \text{ dengan } k= 0, 1, \dots, n \quad (2-8)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 / n \quad (2-9)$$

$$\text{Nilai statistic } Q \rightarrow Q = \max_{0 \leq k \leq n} |S_k^{**}| \quad (2-10)$$

Nilai statistik R (Range)

$$R = \max_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} \quad (2-11)$$

Dengan :

S^*_o = simpangan awal

S^*_k = simpangan mutlak

S^{**k} = nilai konsistensi data

n = jumlah data

D_y = simpangan rata-rata

Q = nilai statistik Q untuk $0 \leq k \leq n$

R = nilai statistik (range)

Nilai statistik Q dan R diberikan pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

N	Q/\sqrt{n}			R/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.5	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2

Sumber: Harto (1993:60)

Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan WAPS (*Weighted Adjusted Partial Sums*). Buishand, 1982

$$Z_k^* = [k(n-k)]^{-0.5} S_k^* ; k= 1,2,\dots,n-1 \quad (2-12)$$

$$Z_k^{**} = Z_k^* / D_y \quad (2-13)$$

$$V = \max_{1 \leq k \leq n-1} |Z_k^{**}| \quad (2-14)$$

i/Statistik ini dapat disajikan dalam persamaan :

$$W = (n-2)^{0.5} V / (1-V^2)^{0.5} \quad (2-15)$$

Dengan W adalah nilai Worsley's test :

$$W = \max_{1 \leq k < n-1} |t_k| \quad (2-16)$$

Dengan t_k adalah nilai 'Student's t' untuk membedakan nilai rata-rata dari k sample k yang pertama dan sample (n-k) terakhir. Pengujian 'V' berarti sama dengan pengujian 'W'.

Pengujian lain dengan cara 'Bayesian'. Uji statistic yang dapat digunakan adalah :

$$U = [1/\{n(n+1)\}] \sum_{k=1}^{n-1} (S_k^{**})^2 \quad (2-17)$$

$$A = (Z_k^{**})^2 \quad (2-18)$$

Nilai U dan A yang besar menunjukkan kecenderungan penyimpangan dari kepenggahan data. Nilai statistik U dan A disajikan dalam tabel berikut ini. Sebelum pemakaian cara ini sebaiknya dilakukan pengujian sebagai sarana pengujian silang.

Tabel 2.4 Nilai U dan A

N	U			A		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	0.336	0.414	0.575	1.9	2.31	3.14
20	0.343	0.447	0.662	1.93	2.44	3.5
30	0.344	0.444	0.691	1.92	2.42	3.7
40	0.341	0.448	0.693	1.91	2.44	3.66
50	0.342	0.452	0.718	1.92	2.48	3.78
100	0.341	0.457	0.712	1.92	2.48	3.82
	0.347	0.461	0.743	1.93	2.49	3.86

Sumber: Harto (1993:62)

Dalam beberapa pengujian banding, cara-cara yang disebutkan di atas memberikan hasil yang sama dengan cara pertama, selain keuntungan lain dapat menghindarkan kemungkinan ketidakpenggahan data hujan stasiun-stasiun referensi. (Harto, 1993 : 266). Dalam studi ini dilakukan dengan metode RAPS.

2.4.2 Curah Hujan Rerata Daerah (*Average Basin Rainfall*)

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh 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, 1976). 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 tiga cara yang dapat digunakan dalam menghitung hujan rerata daerah, antara lain :

- Cara rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean) pengukuran hujan di pos penakar - penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi dapat dirumuskan :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (2-19)$$

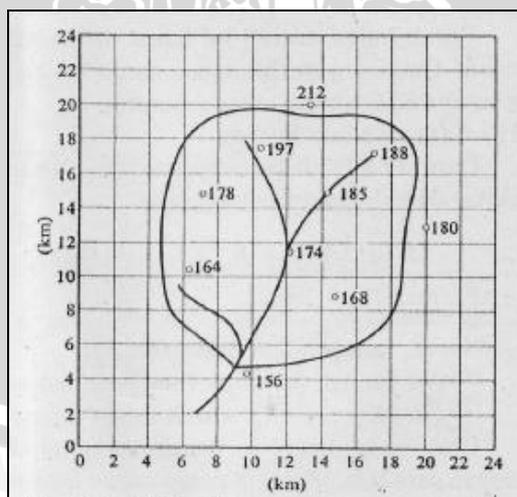
dimana :

d = tinggi curah hujan rerata daerah

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarannya 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 (Soemarto,1999:10).



Gambar 2.6 Hujan rerata daerah metode aritmatik
Sumber: Sosrodarsono, (2003:28)

- Metode Thissen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk

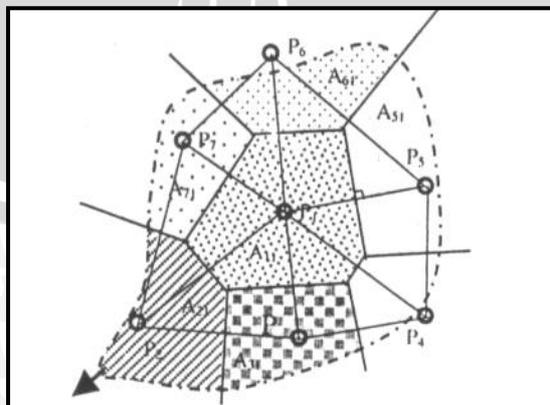
mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis - garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Hasil metode Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah - langkah sebagai berikut:

- ✓ Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS, antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
- ✓ Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen (Gambar 2.2). Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- ✓ Luas areal pada tiap - tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan polygon.
- ✓ Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-20)$$

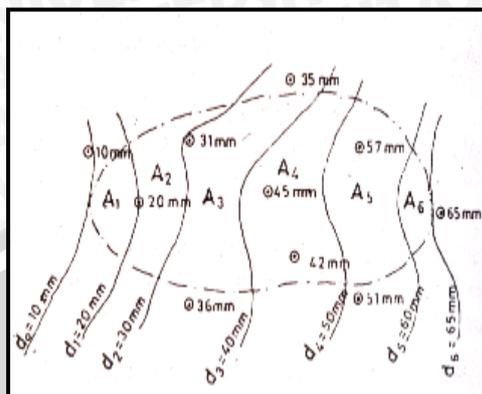
Dimana P_1, P_2, \dots, P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n. A_1, A_2, \dots, A_n adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n. n adalah banyaknya pos penakar hujan. (Suripin, 2004:28)



Gambar.2.7 Metode Poligon Thiessen
Sumber: Suripin, (2004:28)

- Metode Isohyet

Dengan cara ini, kita harus menggambar dua kontur tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti terlihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar. 2.8 Curah Hujan Rerata Isohyet
Sumber: Suripin, (2004:28)

Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur, sebagai berikut (Soemarto, 1999:11):

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{A} \quad (2-21)$$

dimana :

A = luas areal (Ha)

d = tinggi hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada isohyet 1,2,.....n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas bagian areal yang dibatasi oleh isohyet-isohyet yang bersangkutan

Ini adalah cara yang paling teliti untuk mendapatkan hujan areal rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat yang memungkinkan untuk membuat isohyet. Pada waktu menggambar garis-garis isohyet sebaiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (*hujan orografik*).

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

a. Jaring-jaring Pos Penakar Hujan

Tabel 2.5 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)

b. Luas DAS

Tabel 2.6 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

c. Topografi DAS

Tabel 2.7 Pemilihan metode penentuan curah hujan berdasarkan topografi DAS

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

Sumber: Suripin, 2004

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.

2.4.3 Volume Air Larian dan Infiltrasi

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:

$$Q = (I - 0,2S)^2 / (I + 0,8S) \quad (2-22)$$

dengan:

Q = air larian (mm)

I = curah hujan (mm)

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

Persamaan (2-22) 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:

$$S = (25400/CN) - 254 \quad (2-23)$$

Bilangan kurva larian (CN) bervariasi dari 0 hingga 100. Angka CN dapat diperoleh dari Tabel 2.9. Dimana dalam tabel tersebut terdapat kelompok tanah yang ditentukan sesuai tekstur tanahnya yang disajikan di Tabel 2.8. Dinas Konservasi Tanah Amerika juga telah menentukan lama waktu hujan 6 jam sebagai periode hujan maksimum.

Tabel 2.8 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: Asdak (2007:182)

Cara pengukuran infiltrasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya dengan ϕ index yaitu infiltrasi didapat dari hubungan antara curah hujan dan limpasan dalam daerah pengaliran kecil (Limantara, 2008:26). Persamaan untuk menentukan besarnya infiltrasi sebagai berikut:

$$\phi \text{ index} = I - Q \quad (2-24)$$

dengan:

$\phi \text{ index}$ = besarnya infiltrasi (mm)

I = curah hujan (mm)

Q = air larian (mm)

Tabel 2.9 Bilangan kurva aliran 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 legum	Larikan lurus	Buruk	66	77	85	89
	Larikan lurus	Baik	58	72	81	85
	Kontur	Buruk	64	75	83	85
	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 (2007:183)

2.5 Sistem Informasi Geografi (SIG)

2.5.1 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, 2005:55), 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.

2.5.2 Subsistem SIG

Dengan memperhatikan definisi-definisi diatas, maka SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem, yaitu (Prahasta, 2005:56):

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*

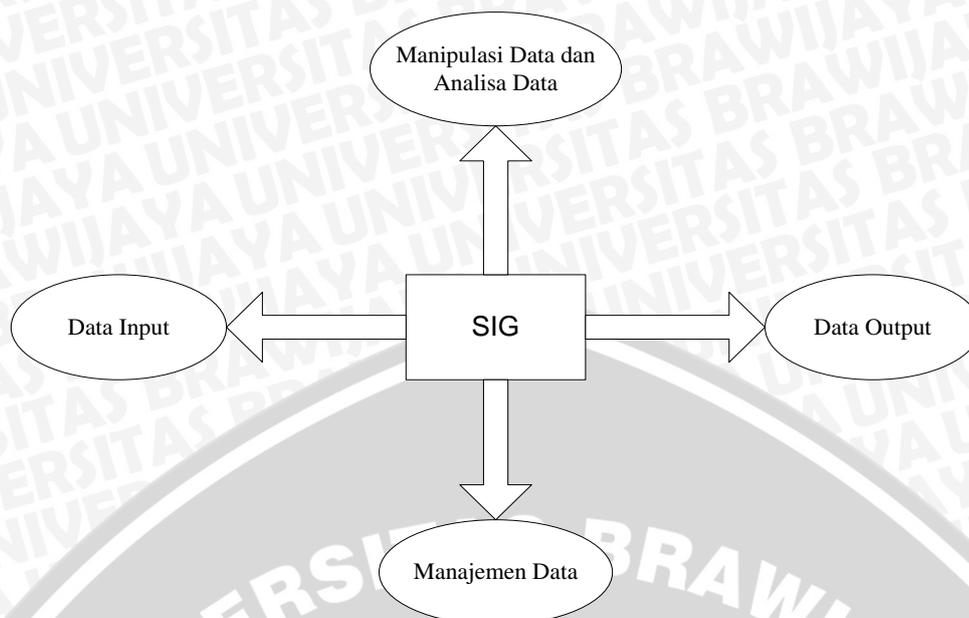
Subsistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun bentuk *hardcopy* seperti grafik, tabel, peta, dll.

3. *Data Management*

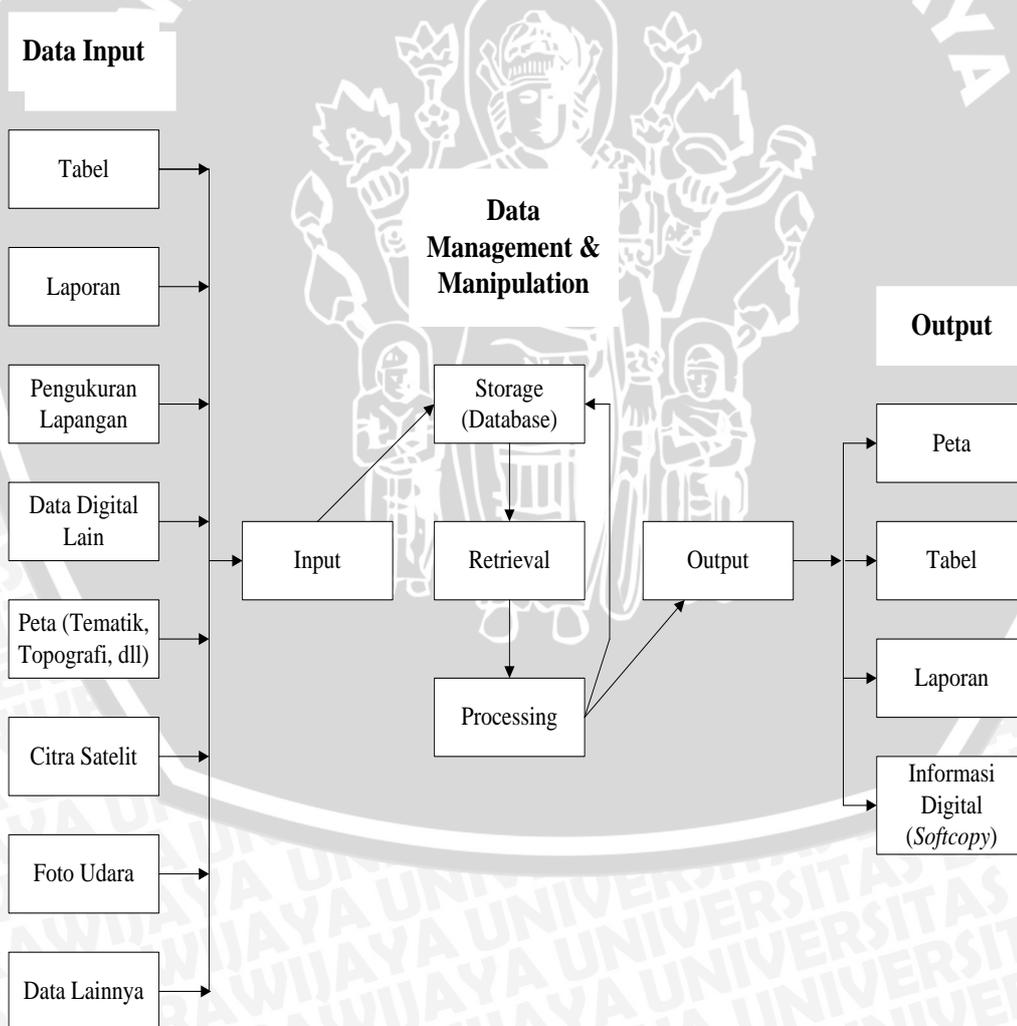
Subsistem ini mengorganisasikan data spasial maupun atribut kedalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, diupdate dan diedit.

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 2.9 Subsistem-subsistem SIG
 Sumber: Prahasta (2005:57)



Gambar 2.10 Uraian Subsistem-subsistem SIG
 Sumber: Prahasta (2005:57)

2.5.3 Komponen SIG

SIG merupakan sistem kompleks yang terdiri dari beberapa komponen seperti di berikut ini (Prahasta, 2005:60):

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.

2.5.4 Cara Kerja SIG

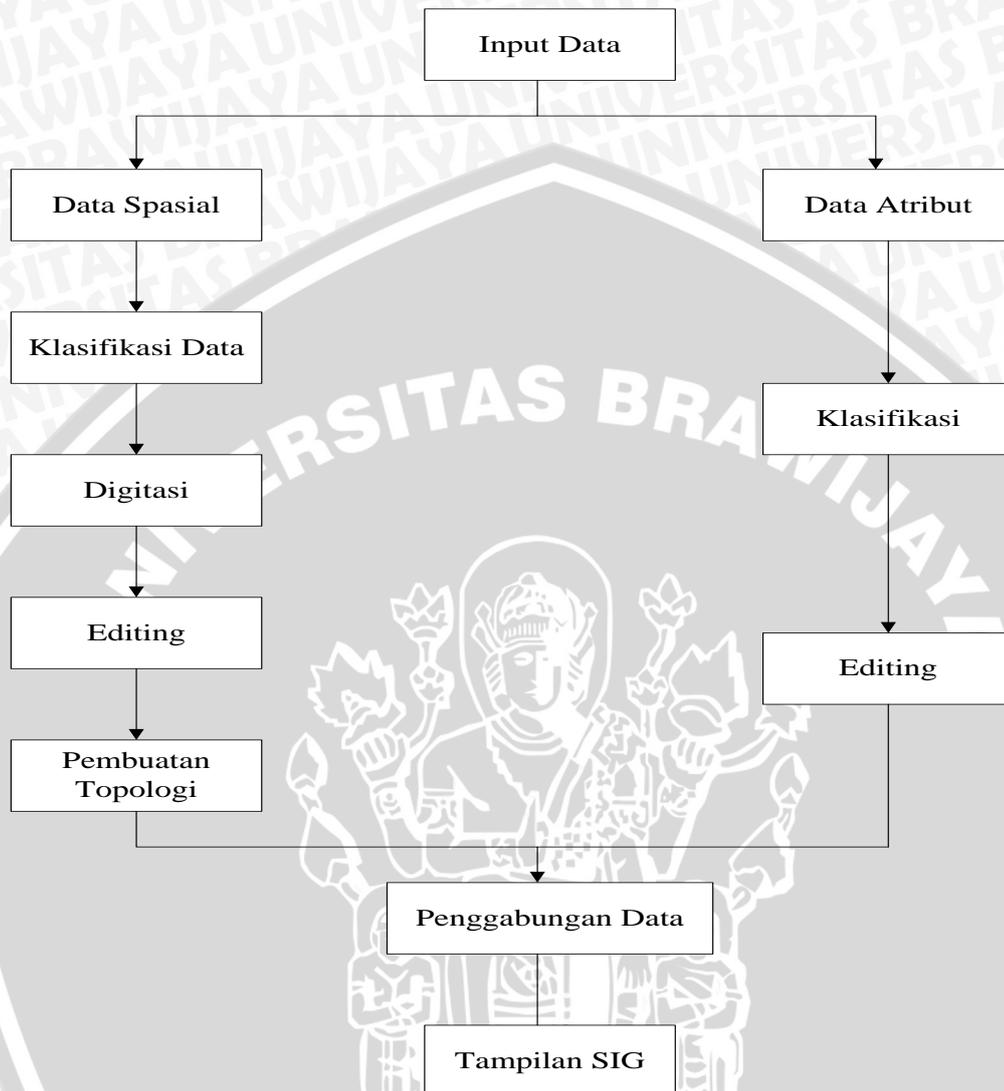
Dalam SIG, peta merepresentasikan dunia nyata diatas monitor komputer sebagaimana lembaran peta merepresentasikan dunia nyata diatas kertas. Obyek-obyek yang direpresentasikan diatas peta disebut unsur peta atau *map features* (sungai, sawah, jalan dan lain-lain). Peta dapat dengan baik memperlihatkan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

2.5.5 Tahapan Pengerjaan SIG

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



Gambar 2.11 Tahapan Pengerjaan SIG

Sumber: Prahasta (2005:61)

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, 2001:39). Data vektor menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau poligon beserta atribut-atributnya (Prahasta, 2001:151).

- 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*.

2.5.6 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.

2.5.7 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*.

2.5.8 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 *Arc View*

2.5.9 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.

2.6 Kerentanan Airtanah Dan Kontaminan

2.6.1 Kerentanan Airtanah

Kerentanan airtanah adalah batas atau tingkat ketahanan suatu airtanah terhadap kontaminan yang berasal dari permukaan maupun bawah permukaan. Kerentanan airtanah merupakan ukuran sejauh mana airtanah mampu bertahan terhadap polusi atau kontaminan pada permukaan tanah hingga mencapai muka airtanah atau lapisan akuifer. Kerentanan airtanah tinggi jika faktor-faktor alam memberikan sedikit perlindungan sebagai perisai airtanah dari aktivitas kontaminasi pada permukaan tanah. Kerentanan airtanah rendah jika faktor-faktor alam memberikan perlindungan yang relatif baik sebagai perisai airtanah dari aktivitas kontaminasi.

Kerentanan airtanah merupakan penilaian dari segi kualitas secara numerik dari beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan suatu airtanah. Suatu akuifer memiliki kondisi hidrogeologi yang berbeda. Oleh karena itu, tingkat kerentanan suatu wilayah tentu akan berbeda dengan wilayah yang lain. Kondisi hidrogeologi yang digunakan sebagai parameter biasanya merupakan sifat fisik namun ada juga sifat kimia yang digunakan sebagai parameter (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/download/1937/1698>).

2.6.2 Kontaminan

Zat pencemar dapat didefinisikan sebagai zat kimia (cair, padat maupun gas), baik yang berasal dari alam yang dipicu kehadirannya oleh manusia (tidak langsung) ataupun dari kegiatan manusia (*anthropogenin origin*) yang telah diidentifikasi mengakibatkan efek yang buruk bagi manusia atau lingkungannya. Semua itu dipicu oleh aktivitas manusia. Sedangkan kontaminan, sama seperti zat pencemar, hanya saja efek negatif atau dampaknya secara nyata terhadap manusia dan lingkungannya belum teridentifikasi secara jelas (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/download/1937/1698>).

Sejauh mana kontaminan menjadi bahaya bagi manusia, merupakan salah satu bahasan penting dalam pencemaran airtanah. Jalan masuk kontaminan kedalam tubuh manusia yang paling utama adalah melalui mulut, dimana kontaminan yang terlarut dalam air akan masuk kedalam tubuh melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi airtanah. Sejauh mana kontaminan mempengaruhi kesehatan atau berdampak buruk bagi manusia selain tergantung dari jenis dan konsentrasi, juga tergantung intensitas paparan (*exposure*). Kontaminan yang mempunyai potensi untuk mencemari airtanah berasal dari berbagai sumber. OTA (*Office of Technology Assessment, USA*), membagi sumber kontaminan menjadi 6 kategori (<http://ejournal.undip.ac.id>

/index.php/teknik/article/download/1937/1698), yaitu:

- a. Sumber yang berasal dari tempat atau kegiatan yang dirancang untuk membuang dan mengalirkan zat atau substansi, contoh tangki septic, kakus dan sumur injeksi.
- b. Sumber yang berasal dari tempat atau kegiatan yang dirancang untuk mengolah atau membuang (dispose) zat atau substansi, contoh landfill (TPA), tempat pembuangan limbah pertambangan, kolam penampungan (impoundment) dan tempat penyimpanan atau pembuangan limbah berbahaya dan material radioaktif.
- c. Sumber yang berasal dari tempat atau kegiatan transportasi zat atau substansi, contoh saluran riol (sewer) atau saluran limbah dan jaringan pipa gas atau minyak.
- d. Sumber yang berasal dari konsekuensi suatu kegiatan yang terencana, contoh pemupukan dan penyemprotan pestisida serta kotoran dari peternakan.
- e. Sumber yang berasal dari suatu kegiatan yang menyebabkan adanya jalan masuk bagi air terkontaminasi masuk dalam akuifer, contoh sumur bor untuk produksi atau eksplorasi minyak dan gas serta panas bumi dan ekskavasi atau pengerukan tanah dalam jumlah besar.
- f. Sumber kontaminan yang bersifat alamiah atau terjadi secara alamiah, tetapi terjadinya pengaliran atau penyebarannya disebabkan oleh aktivitas manusia, contoh hujan asam yang disebabkan penggunaan bahan bakar minyak dan batubara.

2.6.3 Macam-macam Kontaminan

Zat pencemar atau kontaminan dapat dikelompokkan dalam beberapa kategori. Zat pencemar atau kontaminan yang ditinjau disini adalah zat pencemar yang berbentuk cair atau dapat larut dalam air, yang dapat dibagi menjadi kontaminan anorganik, kontaminan organik, mikroorganisme dan material radioaktif. Sifat dan potensi pencemaran tergantung dari bentuk atau status mereka dalam tanah atau airtanah (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/download/1937/1698>).

2.7 Zona Kerentanan Airtanah Terhadap Kontaminan Dengan Metode *DRASTIC*.

2.7.1 Metode *DRASTIC*

Tingkat kerentanan airtanah terhadap kontaminan pada suatu area dapat dinilai dengan model *DRASTIC*, yang menggabungkan faktor hidrogeologi terpenting yang mempengaruhi potensi kontaminasi airtanah, antara lain kedalaman muka airtanah, jumlah recharge, media akuifer, media tanah, topografi, pengaruh media vadose zone dan konduktivitas hidrolis.

Asumsi-asumsi dari model DRASTIC (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/download/1937/1698>), yaitu:

- Adanya kontaminan pada permukaan tanah
- Kontaminan menembus kedalam air bawah tanah karena pengaruh hujan
- Kontaminan telah mengalami mobilitas dalam air
- Area penelitian lebih dari 0,4 km²

Sistem evaluasi DRASTIC didasarkan pada tiga komponen (angka beban, cakupan, dan rating) yang dinyatakan dalam angka. Sebuah angka beban diberikan pada masing-masing komponen DRASTIC berdasarkan tingkat kepentingan relatifnya dan bersifat konstanta.

Parameter atau faktor hidrogeologi yang mempengaruhi potensi kerentanan kontaminasi airtanah (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/download/1937/1698>) adalah :

1. Kedalaman Muka Airtanah (*Depth to watertable*)

Faktor ini merupakan faktor yang penting karena sebelum mencapai muka airtanah, kontaminan harus melewati tebal lapisan di atas muka airtanah. Semakin dalam muka airtanah maka potensi kontaminasi airtanah akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya bila muka airtanah semakin dangkal maka potensi kontaminasi airtanah akan semakin besar. Hal ini terbukti dengan semakin dalam muka airtanah maka waktu kontaminan mencapai muka airtanah akan semakin lama sehingga potensi kontaminasi juga akan semakin kecil.

2. Jumlah Recharge

Jumlah recharge menggambarkan jumlah dari air yang meresap kedalam tanah dan mencapai muka airtanah. Recharge air mampu membantu transport kontaminan secara vertikal menuju muka airtanah dan secara horisontal di dalam akuifer. Hal tersebut mengontrol volume air yang mengandung kontaminan tertransport pada daerah atau jenuh maupun tak jenuh air. Secara umum, bila jumlah recharge air semakin besar maka potensi kontaminasi airtanah akan semakin besar, begitu juga sebaliknya jika jumlah *recharge* air semakin sedikit maka potensi kontaminasi airtanah akan semakin kecil.

3. Media Akuifer (*Aquifer Media*)

Media akuifer juga mempengaruhi jumlah dari material permukaan yang terkontaminasi dalam menembus lapisan akuifer. Rute dimana kontaminan akan mengalir tergantung dari sifat fisik dari media akuifer, yaitu retakan, porositas atau permeabilitas.

Semakin besar kemampuan akuifer untuk menahan kontaminan maka waktu tempuh pergerakan kontaminan akan semakin lama sehingga potensi kontaminasi airtanah akan semakin kecil.

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

1. Batuan Pasir dan Kerikil

Batu pasir merupakan batuan sedimen, Willman (1942) mengklasifikasikan 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. Media Tanah (*Soil media*)

Tanah mempunyai dampak yang langsung dan sangat signifikan dari jumlah *recharge* air yang meresap kedalam tanah hingga mencapai muka airtanah dan juga mempengaruhi pergerakan kontaminan. Kemampuan dari material tanah dengan tekstur yang halus, seperti lanau dan lempung, dapat menambah permeabilitas tanah sehingga

akan membatasi pergerakan kontaminan. Ketebalan tanah juga mempengaruhi waktu tempuh kontaminasi, baik itu melalui proses filtrasi, biodegradasi, sorpsi dan volatilisasi secara signifikan. Semakin tebal maka waktu tempuh juga akan semakin lama

5. Topografi

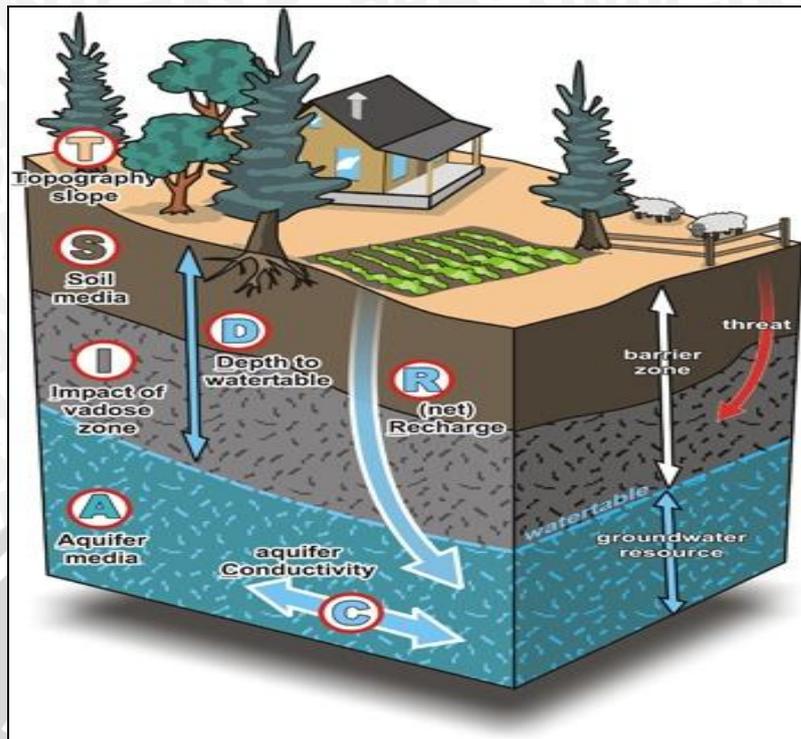
Topografi tergantung pada kelerengan. Setiap permukaan tanah mempunyai kelerengan yang bervariasi. Topografi membantu dalam mengontrol kontaminan mengalir atau ditahan di permukaan. Kelerengan yang mempunyai potensi besar bagi kontaminan untuk meresap akan berasosiasi dengan potensi pencemaran airtanah yang lebih besar. Semakin curam kelerengan maka jumlah *runoff* akan semakin besar sehingga air terkontaminasi yang meresap kedalam tanah dan mencapai muka airtanah atau lapisan akuifer juga akan berkurang. Suatu daerah dengan kelerengan yang landai akan menyebabkan air tertahan di permukaan sehingga air terkontaminasi akan lebih berpotensi untuk meresap dan mencemari airtanah.

6. Pengaruh Media Pada Zona Tak Jenuh Air (*Impact of the Vadose Zone Media*)

Jenis dari zona tidak jenuh air ditentukan berdasarkan karakteristik dari material, termasuk jenis dan batas tanah serta batuan dibawah muka airtanah. Material tersebut nantinya akan menjadi media. Media akan mengontrol arah maupun panjang lintasan yang menyebabkan waktu dapat berkurang dan kuantitas dari material juga akan semakin kecil. Arah lintasan sangat tergantung dari banyaknya retakan yang ada, selain itu juga adanya pengaruh dari faktor permeabilitas tanah dan juga kedalaman dari muka airtanah.

7. Konduktivitas Hidrolis (*Hydraulic Conductivity*)

Konduktivitas hidrolis merupakan kemampuan dari material akuifer untuk mengalirkan air dan mengontrol kecepatan rata-rata aliran airtanah dimana akan mengalir di bawah pengaruh gradien hidrolis. Kecepatan airtanah mengalir juga mengontrol kecepatan kontaminan dalam akuifer. Konduktivitas hidrolis dikontrol oleh jumlah dan hubungan dari ruang atau pori pada akuifer, yaitu porositas antar butir dan retakan atau bidang pelapisan. Konduktivitas hidrolis berhubungan dengan media tanah. Semakin besar konduktivitas hidrolis maka potensi untuk kontaminasi airtanah akan semakin besar.



Gambar 2.12 Visualisasi Metode *DRASTIC*

Sumber: http://www.sfu.ca/personal/dallen/Visualization/DRASTIC/drastring_page.html

Dalam penilaian kerentanan airtanah terhadap kontaminan, dilakukan perhitungan atau pembobotan dari tiap parameter atau unsur hidrogeologi yang digunakan. Tiap faktor parameter mempunyai bobot berdasarkan besarnya pengaruh terhadap kontaminasi airtanah. Selain bobot, tiap faktor parameter penilaian juga mempunyai rentang kelas atau *rating* (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/download/1937/1698>).

2.7.2 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 2.10.

Tabel 2.10 *Weight of DRASTIC Parameters*

Parameter	DRASTIC Weights
<i>Depth to Water (Dw)</i>	5
<i>Net Recharge (Rw)</i>	4
<i>Aquifer Media (Aw)</i>	3
<i>Soil Media (Sw)</i>	2
<i>Topography (Tw)</i>	1
<i>Impact of the Vadose Zone Media (Iw)</i>	5
<i>Conductivity Hydraulic (Cw)</i>	3

Sumber: Aller et al. (1985:8)

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 2.11 sampai Tabel 2.17.

Tabel 2.11 *Rating of Depth to watertable*

Interval Kedalaman Muka Airtanah (meter)	Bobot (<i>Rating</i>) (<i>Dr</i>)
0 - 1,5	10
1,5 - 4,6	9
4,6 - 9,5	7
9,5 - 15,2	5
15,2 - 22,9	3
22,9 - 30,5	2
> 30,5	1

Sumber: Aller et al. (1985:8)

Tabel 2.12 *Rating of Recharge*

Interval <i>Recharge</i> (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. (1985:8)

Tabel 2.13 *Rating of Aquifer Media*

Jenis media akuifer	Bobot (<i>Rating</i>) (<i>Ar</i>)
Serpilh masif/besar	1
Batuan Beku/malihan	3
Lapukan batuan beku/malihan	4
Sungai es	5
Endapan batu pasir, gamping, dan rangkaian serpih	6
Batu pasir masif	6
Batu gamping masif	6
Pasir dan kerikil	8
Basalt	9
Batu gamping karst	10

Sumber: Aller et al. (1985:8)

Tabel 2.14 *Rating of Soil Media*

Tekstur Tanah	Bobot (<i>Rating</i>) (<i>Sr</i>)
Kerikil	10
pasir	9
Agregat/perkerutan lempung	7
Lumpur pasiran	6
Lumpur	5
Lumpur lanauan	4
Lumpur lempung	3
Muck	2
Nonagregat lempung	1

Sumber: Aller et al. (1985:8)

Tabel 2.15 *Rating of Topography*

Kemiringan Lereng (% <i>slope</i>)	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Tr</i>
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
18+	1

Sumber: Aller et al. (1985:8)

Tabel 2.16 *Rating of Impact of Vadose Zone*

Jenis zona tak jenuh vados	Bobot (<i>Rating</i>) (<i>Ir</i>)
lapisan pengikat	1
lumpur/lempung	3
serpih	3
batu gamping	6
endapan batu pasir, gamping, dan serpih	6
pasir dan kerikil tercampur lumpur dan lempung	6
batuan malihan / batuan beku	4
pasir dan kerikil	8
basalt	9
batu gamping karst	10

Sumber: Aller et al. (1985:8)

Tabel 2.17 *Nilai rating Hydraulic Conductivity*

Interval konduktivitas hidrolik (m/hari)	Bobot (<i>Rating</i>) (<i>Cr</i>)
0 – 0,86	1
0,86 – 2,59	2
2,59 – 6,05	4
6,05 – 8,64	6
8,64 – 17,18	8
> 17,18	10

Sumber: Aller et al. (1985:8)

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:

$$DI = Dr Dw + Rr Rw + Ar Aw + Sr Sw + Tr Tw + Ir Iw + Cr Cw \quad (2-25)$$

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

Dari hasil penjumlahan indeks potensial pencemaran akan didapatkan nilai *DRASTIC index* yang menggambarkan tingkat kerentanan airtanah di suatu area. Setelah nilai *DRASTIC index* didapatkan, pengidentifikasian area yang rentan terhadap pencemaran dibandingkan area yang lain bisa dilakukan. Semakin tinggi nilai *DRASTIC index*, semakin besar kerentanan suatu area untuk terkena polusi. Secara keseluruhan, *DRASTIC index* mempunyai skor paling rendah 23 dan paling tinggi 230.

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.

2.7.3 Klasifikasi Data

Klasifikasi adalah suatu kegiatan pengelompokan data secara sistematis berdasarkan karakteristik tertentu. Sebelum melakukan klasifikasi, perlu diketahui sifat dan ukuran dari data yang akan diklasifikasikan. Data yang digunakan umumnya adalah data-data statistik yang berupa deretan angka-angka yang menunjukkan suatu karakteristik. Data yang berupa deretan angka tersebut perlu dikelompokkan sesuai dengan tujuan dan maksud dari proses klasifikasi tersebut. Dalam mengelompokkan atau menyusun data yang berupa deretan angka-angka tersebut, biasanya dilakukan dengan menentukan interval kelasnya. Namun sebelum menentukan interval, harus ditentukan dulu jumlah kelasnya menggunakan Rumus Sturgess.

Jumlah kelas = $1+3,3 \log n$, dengan n = jumlah data

Dalam menentukan kelas interval, dapat digunakan lima metode, yaitu : metode interval teratur, interval aritmatik, interval geometri, interval kuantiles, dan dispersal graph.

1. Metode interval teratur

Untuk menentukan besarnya interval (x), menggunakan rumus :

$X = (B - A) / \text{jumlah kelas}$, dengan B = nilai data tertinggi, dan A = nilai data terendah

Penentuan interval kelasnya,

Kelas I = A sampai A + x

Kelas II = (A + x) + 1 sampai (A + x + 1) + x , dan seterusnya sampai kelas terakhir

2. Metode interval aritmatik

Besarnya interval menggunakan rumus :

$A + x + 2x + 3x + \dots + nx = B$

$(x + 2x + 3x + \dots + nx) \Rightarrow$ disesuaikan dengan jumlah kelasnya

Penentuan interval kelasnya,

Kelas I = A sampai A + x

Kelas II = (A + x) + 1 sampai (A + x + 1) + 2x , dst.

3. Metode interval geometri

Besarnya interval ditentukan menggunakan rumus :

$X^n = B/A$, dengan n = jumlah kelas

Penentuan interval kelasnya,

Kelas I = A sampai Ax

Kelas II = Ax + 1 sampai Ax² , dst.

4. Metode interval kuantiles

Besarnya interval ditentukan dengan rumus :

$X = \text{jumlah data} / \text{jumlah kelas}$

Penentuan interval kelasnya berdasarkan pada urutan data. Misal besar intervalnya adalah 5, maka kelas I adalah data ke 1 – 5, kelas II adalah data ke 6 – 10, dst.

5. Metode dispersal graph

Metode ini dilakukan pada sebuah grafik yang hanya memiliki sumbu x saja yang mewakili nilai data. Semua data yang digunakan, kemudian di-plot pada grafik ini. Setelah semua data di-plot pada grafik, akan terlihat distribusi dari data-data tersebut. Pembagian kelas mengacu pada distribusi data dengan ketentuan, data yang mengelompok dimasukkan dalam satu kelas dengan cara menarik garis sebagai batas antara kelas yang satu dengan kelas yang lainnya. Dalam penarikan batas antar kelas memang cukup relatif, sehingga tiap orang akan mempunyai persepsi yang berbeda-

beda dalam menentukan batasnya (<http://gilangtomaskumoro.blogspot.com/2012/04/metode-klasifikasi-data.html>).

Dalam studi ini untuk pengklasifikasian data menggunakan metode interval kuantiles dengan jumlah kelasnya terbagi 3 kelas yaitu tingkat kerentanan rendah, tingkat kerentanan sedang dan tingkat kerentanan tinggi.

2.7.4 Hasil Pemetaan dari Perhitungan *DRASTIC Index*

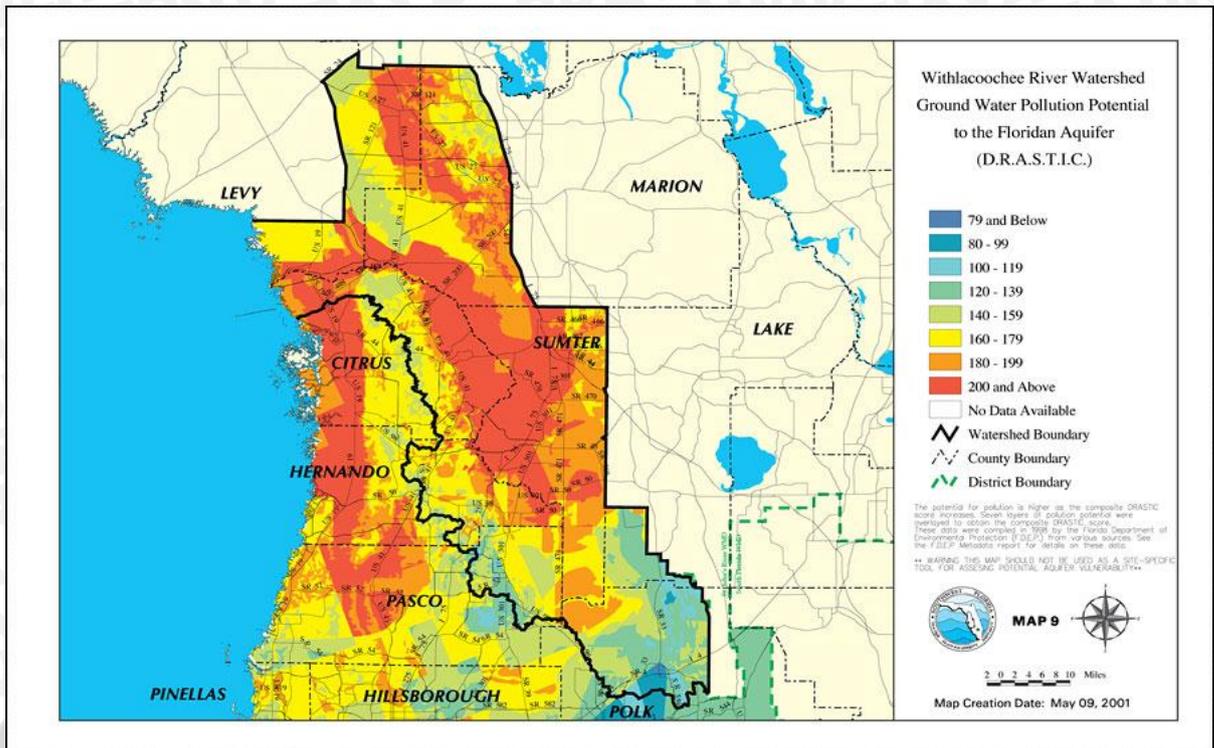
Peta tingkat kerentanan dibuat dengan program *ArcView 3.3* yang menggabungkan (*overlay*) data atribut dan peta masing – masing parameter *DRASTIC*. Setelah sebelumnya didapatkan nilai *DRASTIC Index*, kemudian pada peta tingkat kerentanan total ini, nilai tersebut diklasifikasikan kembali menjadi tingkat 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 metitikberatkan 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 *DRASTIC*). Hal ini dipengaruhi oleh proses *overlay* (tumpang susun) dari 7 parameter *DRASTIC* dalam proses pemetaan yang dalam tugas akhir ini dilakukan melalui *ArcView 3.3*.

Peta yang dihasilkan dari perhitungan *DRASTIC Index* 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 *DRASTIC index* 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 *DRASTIC*. Contoh hasil pemetaan dari hasil perhitungan *DRASTIC index* di daerah Florida disajikan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Contoh hasil pemetaan perhitungan *DRASTIC Index*

Sumber: <http://fcit.usf.edu/florida/maps/pages/11700/f11768/f11768.htm>

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 di masa yang akan datang sehingga dampak-dampak perkembangan potensi suatu daerah utamanya yang berhubungan dengan keberadaan Sumber Daya Air dapat diperkecil.