

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Sumber Daya Air**

Sumber Daya Air (SDA) menurut Martha (1983) adalah air dan semua potensi yang terdapat pada air, sumber air, termasuk sarana dan prasarana pengairan yang dapat dimanfaatkan. Sumber Daya Air juga merupakan sumber daya berupa air yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan.

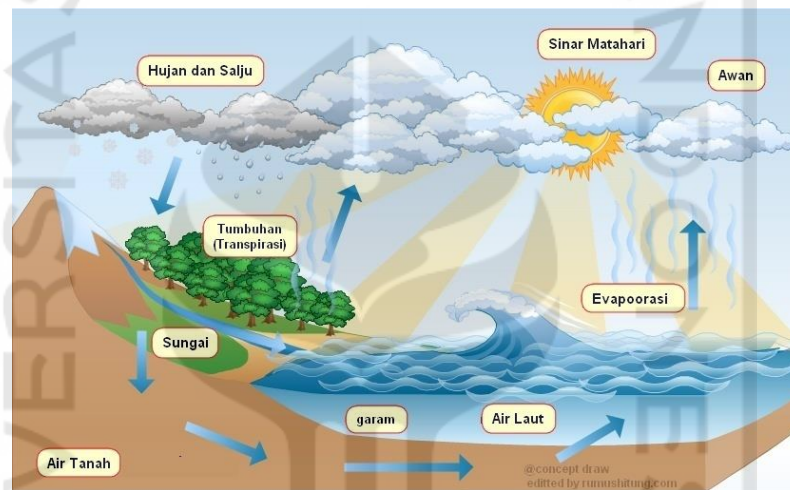
Air dikendalikan dan diatur untuk memenuhi tujuan yang luas. Pengendalian air saat banjir, pembuatan drainase, pengaturan pembuangan limbah serta perencanaan gorong-gorong jalan raya merupakan penerapan teknik sumber daya air pada pengendalian air (*control of water*), sehingga tidak menimbulkan kerusakan yang berlebihan terhadap harta benda, gangguan terhadap masyarakat atau kehilangan nyawa. Penyediaan air bersih, irigasi, pengembangan tenaga hidroelektrik (tenaga listrik yang dibangkitkan oleh tenaga air), serta jalur pelayaran adalah contoh-contoh dari pemanfaatan air (*utilization of water*).

Pencemaran mengancam penggunaan air untuk keperluan kota serta irigasi di samping sungai sungguh merusak nilai keindahan sungai, oleh karena itu dilakukan pengendalian pencemaran atau pengendalian mutu air (*water quality management*). Pengendalian air, pemanfaatan air, dan pengendalian mutu air merupakan tahapan yang penting dalam teknik pengembangan sumber daya air. Baik untuk menjaga kualitas air atau kuantitas air itu sendiri.

#### **3.2 Siklus Hidrologi**

Hidrologi menurut Marta dan Adidarma (1983) ialah suatu ilmu yang mempelajari tentang terjadinya suatu pergerakan dan distribusi air di bumi baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat kimia dan fisika air dengan suatu reaksi terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan.

Sedangkan siklus hidrologi menurut Soedibyo (2003) adalah proses turunnya hujan dan perubahan menjadi uap air yang berlangsung terus-menerus tiada henti-hentinya. Sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan panas ini maka semua air dari tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah, dan lain-lain akan menguap dan prosesnya disebut penguapan (evaporasi). Penguapan juga terjadi pada semua tanaman yang disebut transpirasi. Semua uap air akan terkumpul dan berubah menjadi awan dan menurunkan hujan. Proses ini berlangsung berulang-ulang.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

### 3.3 Analisis Hujan

#### 3.3.1 Perbaikan Data Hujan Yang Hilang

Mendapatkan data hujan yang lengkap merupakan hal penting dalam menganalisis dan menghitung bangunan yang berhubungan dengan air seperti waduk dan bendungan, akan tetapi sering terjadi permasalahan umum seperti hilangnya data curah hujan baik karena kerusakan alat ataupun petugas pengamatan tidak melakukan pencatatan data. Data curah hujan yang hilang tersebut bisa diperbaiki melalui beberapa metode.

Data hujan yang hilang dapat dilengkapi dengan *Reciprocal Method*. Cara ini berdasarkan pemilihan sekurang-kurangnya harus ada 3 stasiun di sekitarnya. Selanjutnya data yang hilang dihitung dengan memperhatikan jarak antar stasiun ( $L_i$ ) bentuk persamaannya dapat menggunakan persamaan 3.1.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (3.1)$$

dengan:

$p$  = kedalaman curah hujan normal (mm)

$n$  = jumlah curah hujan normal tahunan

$p_x$  = curah hujan yang hilang (mm)

$L_i$  = jarak stasiun yang ditinjau terhadap jarak stasiun yang hilang

### 3.3.2 DAS

DAS (daerah aliran sungai) menurut Asdak (1995) adalah daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung-punggung tersebut dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama.

Air pada DAS merupakan aliran air yang mengalami siklus hidrologi secara alami. Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk (terserap) ke dalam tanah (*infiltrasi*), sedangkan air yang tidak meresap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah untuk kemudian mengalir di atas permukaan ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), untuk kemudian masuk ke sungai.

Daerah DAS (daerah aliran sungai) terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu.

#### 1. Hulu sungai.

Merupakan bagian sungai yang letaknya paling jauh dari muara, tempat suatu sungai bermula, dan tempat sumber-sumber airnya berlokasi. Hulu sungai bisa memiliki nama yang lain daripada sungai utamanya. Kondisi hulu sungai kebanyakan memiliki batu besar.

#### 2. Tengah sungai.

Merupakan bagian sungai yang letaknya berada di tengah antara hulu sungai dan hilir sungai. Sungai tengah cenderung berkelok-kelok yang mengakibatkan terbentuknya meander (proses pengikisan dan pengendapan oleh arus sungai).

### 3. Hilir sungai.

Merupakan bagian sungai yang letaknya paling dekat dengan laut, tempat suatu sungai berakhir. Hilir sungai cenderung memiliki sedimetasi (pengendapan material batuan yang diangkut oleh air) yang terkadang menjadi pemicu utama berbagai masalah seperti banjir dan pendangkalan sungai.

#### 3.3.3 Analisis Frekuensi

Sistem hidrologi terkadang dipengaruhi oleh peristiwa yang tidak biasa, seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besarnya peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang sangat ekstrim sangat langka terjadi. Peristiwa ekstrim ini akan menjadi data hidrologi melalui penerapan kemungkinan.

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah berlalu untuk mendapatkan probabilitas data hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa yang akan datang masih sama dengan kejadian dimasa lalu.

#### 1. Distribusi frekuensi

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah.

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Log Person III, dan
- d. Distribusi Gumbel

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemencengan).

Tabel 3.1 Parameter Statistik Yang Penting

Parameter	Sampel
rata-rata	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_1$
simpangan baku	$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$
koefisien aliran	$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$
koefisien skewness	$Ck = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$

Keterangan:

$\bar{x}$  = nilai rata-rata hitungan varian

s = deviasi standar nilai varian

Cv = koefisien aliran

Ck = koefisien *skewness*

#### a. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut distribusi Gauss. Menggunakan persamaan 3.5.

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S \quad (3.5)$$

dengan:

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{x}$  = nilai rata – rata hitung variant

S = deviasi standar nilai variant

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai faktor frekuensi  $K_T$  tersedia dalam Tabel 3.2 yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable Reduced Gauss*). Tabel dibawah ada bertujuan untuk mempermudah dalam perhitungan.

Tabel 3.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K <sub>T</sub>
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

sumber: Suripin (2004)

b. Distribusi Log Normal

Jika variabel acak  $Y = \log X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Menggunakan persamaan 3.6.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S \tag{3.6}$$

dengan:

$Y_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{Y}$  = nilai rata – rata hitung variant

S = deviasi standar nilai variant

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

c. Distribusi Log – Person III

Berikut langkah penggunaan distribusi Log – Person Tipe III.

- 1) Ubah data ke dalam bentuk logaritmis,  $X = \log X$

2) Hitung harga rata – rata:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n-1} \quad (3.7)$$

3) Hitungan harga simpangan baku:

$$s = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

4) Hitungan koefisien kemencengan :

$$Ck = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (3.9)$$

5) Hitungan logaritma hujan atau banjir dengan periode kala ulang T :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K_s \quad (3.10)$$

dengan:

K = variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan (G)

Tabel 3.3 Nilai K Untuk Distribusi Log – Person III

Interval kejadian ( <i>recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Koef G	koefisien peluang terlampaui ( <i>percent change of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029

Lanjutan tabel 3.3 Nilai K Untuk Distribusi Log – Person III

Interval kejadian ( <i>recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Koef G	koefisien peluang terlampaui ( <i>percent change of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

sumber: Suripin (2004)

d. Metode Distribusi Gumbel

jika menggunakan distribusi gumbel, rumusannya seperti berikut:

$$X = \bar{X} + sK \tag{3.11}$$

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{s_n} \tag{3.12}$$

dengan:

$Y_{Tr}$  = *reduced variate* yang dihitung dengan persamaan :

$$Y_{Tr} = -\ln \left[ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right]. \tag{3.13}$$

Tabel 3.4 *Reduction Mean, Yn*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

sumber: Suripin (2004)



Tabel 3.5 Reduction Standard Deviation, Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

sumber: Suripin (2004)

Tabel 3.6 Reduction Variate, Y<sub>Tr</sub> Sebagai Fungsi Periode Ulang

periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Y <sub>Tr</sub>	Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Y <sub>Tr</sub>
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188

sumber: Suripin (2004)

## 2. Penentuan Jenis Distribusi

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. (Bambang Triatmodjo, 2008)

Tabel 3.7 Parameter Statistika Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$
		$C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
4	Log Person III	selain dari nilai diatas

sumber: Bambang Triatmodjo (2008)

Untuk distribusi normal disyaratkan bahwa kemungkinan variant yang berada antara  $(\bar{x} - s)$  dan  $(\bar{x} + s)$  adalah 68,27% dan yang berada antara  $(\bar{x} - 2s)$  dan  $(\bar{x} + 2s)$  adalah 95,44%. Banyaknya variant yang berada di antara daerah tersebut menggunakan persamaan 3.14 dan 3.15.

$$\text{banyak varian} = \frac{(n - Y_1)}{n} \times 100\% = 68,27\% \quad (3.14)$$

$$\text{banyak varian} = \frac{(n - Y_2)}{n} \times 100\% = 68,27\% \quad (3.15)$$

dengan:

$n$  = jumlah data

$Y_1$  = jumlah data yang berada pada daerah  $< (\bar{x} - s)$  dan  $> (\bar{x} + s)$

$Y_2$  = jumlah data yang berada pada daerah  $< (\bar{x} - 2s)$  dan  $> (\bar{x} + 2s)$

### 3.4 Debit Aliran Permukaan

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ ). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai persatuan waktu (Asdak,2002)

Analissi debit rancangan suatu sistem drainase menggunakan metode resional dianalisis menggunakan persamaan 3.16.

$$Q = C.I.A \quad (3.16)$$

dengan:

$Q$  =debit puncak ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

$C$  = koefesinsi pengaliran/ *run-off*

$I$  = intensitas hujan pada DAS dengan kala ulang  $T$  ( $\text{m}/\text{dtk}$ )

$A$  = luas daerah tangkapan air ( $\text{m}^2$ )

#### 3.4.1. Koefisien *Run-Off* ( $C$ )

Aliran permukaan (*run-off*) adalah bagian dari curah hujan yan mengalir di atas permukaan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau, dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke

dalam tanah atau disebut *infiltrasi*. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah.

Koefisien *run-off* atau sering disingkat *C* adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air aliran terhadap besarnya curah hujan (Asdak, 2002). Nilai koefisien *run-off* untuk rumus rasional dianggap tetap dengan berbagai kejadian intensitas hujan, akan tetapi nilai ini akan bertambah seiring dengan perkembangan pembangunan kawasan sebagai fungsi waktu. Nilai ini untuk diaplikasikan di lapangan tidak dapat dilaksanakan seratus persen karena kompleksitas keadaan lapangan.

Tabel 3.8 Nilai Koefisien *run-off*

Type Area	Koefisien <i>Run-Off</i>
Pegunungan yang curam	0,75-0,90
Tanah yang bergelombang dan hutan	0,50-0,75
Dataran yang ditanami/perkebunan	0,45-0,60
Atap yang tidak tembus air	0,75-0,90
Perkerasan aspal, beton	0,80-0,90
Tanah padat sulit diresapi	0,40-0,55
Tanah agak mudah diresapi	0,05-0,35
Taman atau lapangan terbuka	0,05-0,25
Kebun	0,20
Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah/Ha)	0,25-0,40
Perumahan kerapatan sedang (21-60 rumah/Ha)	0,40-0,70
Perumahan padat (60-160 rumah/Ha)	0,70-0,80
Daerah rekreasi	0,20-0,30
Daerah industri	0,80-0,90
Daerah perniagaan	0,90-0,95

sumber: Triatmodjo (2002)

#### 3.4.2. Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya kecil berarti hujannya tidak lebat sebaliknya jika intensitasnya besar berarti hujannya lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena memungkinkan terjadi banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman. Menggunakan persamaan 3.17.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (3.17)$$

dengan:

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

### 3.5 Air Tanah

#### 3.5.1. Definisi

Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sbagai akibat stuktur perlapisan geologi, beda potensi kelembapan tanah dan gaya gravitasi bumi. (Setyawan Purnama, 2010)

#### 3.5.2. Infiltrasi

Infiltrasi (Suripin, 2004) adalah peristiwa masuknya air ke dalam permukaan tanah secara vertikal. Hujan yang jatuh di permukaan tanah sebagian atau semuanya akan mengisi pori-pori tanah. Pergerakan air tanah ke bawah ini disebabkan oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Kecepatan pergerakan aliran gravitasi bebas dibatasi oleh ukuran pori-pori. Makin kecil pori-pori, berarti makin besar gaya geser atau *resistance*, jika gaya kapiler diabaikan dan air akan bergerak ke bawah.

Infiltrasi di setiap tempat berbeda, faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi, diantaranya adalah.

##### 1. Kelembaban tanah

Ketika air jatuh pada tanah kering, permukaan atas tanah tersebut menjadi basah. Sedang bagian bawahnya relatif masih kering. Dengan demikian terdapat perbedaan yang besar dari gaya kapiler antara permukaan atas tanah dan yang ada di bawahnya. Karena adanya perbedaan tersebut, maka terjadi gaya kapiler yang bekerja sama dengan gaya berat, sehingga air bergerak ke bawah (infiltrasi) dengan cepat.

##### 2. Pemadatan oleh hujan

Ketika hujan jatuh di atas tanah, butir tanah mengalami pemadatan oleh butiran air hujan. Pemadatan tersebut mengurangi pori-pori yang berbutir halus (seperti

lempung), sehingga dapat mengurangi kapasitas infiltrasi. Untuk tanah pasir pengaruh tersebut sangat kecil

### 3. Tanaman penutup

Banyaknya tanaman yang menutupi tanah, seperti rumput atau hutan, dapat menaikkan kapasitas infiltrasi tanah tersebut. Dengan adanya tanaman penutup, air hujan tidak dapat memadatkan tanah, dan juga akan terbentuk lapisan humus mengembang dan lubang-lubang (sarang) yang dibuat serangga akan menjadi sangat permeabel. Kapasitas infiltrasi bisa jauh lebih besar daripada tanah tanpa penutup tanaman.

### 4. Intensitas hujan

Intensitas hujan juga berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi. Jika intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi aktual sama dengan kapasitas hujan. (Bambang Triatmodjo, 2010)

Faktor yang mempengaruhi infiltrasi yaitu kedalaman genangan dan tebal lapis jenuh, kelembapan tanah, pemadatan oleh hujan, tanaman penutup, intensitas hujan, dan sifat-sifat fisik tanah.

#### 3.5.3. Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan yang dimiliki oleh suatu zat atau membran untuk meloloskan sejumlah partikel yang menembus atau melaluinya. Permeabilitas yang banyak diteliti adalah permeabilitas pada tanah. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah. Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah.

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori-pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya.

Tabel 3.9 Nilai Permeabilitas dari Berbagai Jenis Material

No	Material	Permeabilitas (m/hari)
1	Pasir kasar	45
2	Pasir sedang	12
3	Pasir halus	2,5
4	Lanau	0,08
5	Lempung	0,0002
6	Batu pasir halus	0,2
7	Batu pasir sedang	3,1
8	Batu gamping	0,94
9	Pasir gumuk	20
10	Gambut	5,7
11	Sekis	0,2
12	Batu sabak	0,00008
13	Tuf	0,2
14	Basal	0,01
15	Gabro lapuk	0,2
16	Granit lapuk	1,4

sumber: Purnama (2010)

### 3.6 Sumur Resapan Air Hujan

#### 3.6.1. Umum

Sumur resapan merupakan bangunan rekayasa teknik yang berbentuk sumur tetapi fungsinya untuk menampung air yang datang dari atas tanah. Air dalam tampungan ini kemudian akan diserap kedalam tanah yang ada di sekitarnya secara

perlahan, kebalikan dengan sumur air minum yang berfungsi untuk mengambil air tanah ke permukaan. Dengan demikian konstruksi dan kedalaman kedua jenis sumur ini berbeda. Sumur air minum digali lebih dalam lagi atau di bawah muka air tanah sedangkan, sumur resapan digali dengan kedalaman di atas muka air tanah.

Sumur resapan menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam sumur atau lubang agar sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah. Sehingga, air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah dan sedikit yang mengalir sebagai aliran permukaan (*run off*)

Sumur resapan dapat dikatakan sebagai suatu rekayasa teknik konservasi air, berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur galian dengan kedalaman tertentu. Fungsi utama dari sumur resapan ini adalah sebagai tempat menampung air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah. Sementara itu, manfaat yang dapat diperoleh dari pembuatan sumur resapan air di antaranya adalah :

1. Mencegah terjadinya genangan air dan mengurangi aliran permukaan sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya banjir dan erosi,
2. Menambah persediaan air tanah dan mempertahankan tinggi muka air tanah,
3. Menahan atau mengurangi terjadinya kenaikan air laut bagi daerah yang berdekatan dengan wilayah pantai,
4. Mencegah amblesan atau penurunan lahan sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan, dan
5. Mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah.

### 3.6.2. Metode SNI

Menurut SNI 03-2453-2002 dari Kementerian Pekerjaan Umum, tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan, perhitungan sumur resapan air hujan terbagi atas:

1. Volume air dari atap rumah

$$V_{ab} = 0,855 \cdot C_{atap} \cdot A_{atap} \cdot R \quad (3.18)$$

dengan:

$V_{ab}$  = volume andil banjir yang akan ditampung sumur resapan ( $m^3$ )

$C_{tadah}$  = koefisien limpasan dari bidang tadah (tampa satuan)

$A_{tadap}$  = luas bidang tadap ( $m^2$ )

$R$  = tinggi hujan harian rata-rata (mm atau  $m^2/hari$ )

## 2. Volume air hujan yang meresap

$$V_{rsp} = \left(\frac{t_e}{R}\right) \cdot A_{total} \cdot K \quad (3.19)$$

$$t_e = 0,9 \cdot R^{0,92} / 60 \quad (3.20)$$

$$K_{rata-rata} = \left(\frac{K_v \cdot A_h + K_h \cdot A_v}{A_{total}}\right) \quad (3.21)$$

$$K_v = 2 \cdot K_h \quad (3.22)$$

dengan:

$V_{rsp}$  = volume air hujan yang meresap ( $m^3$ )

$A_{total}$  = luas dinding sumur + luas alas sumur ( $m^2$ )

$R$  = tinggi hujan harian rata-rata (mm atau  $m^2/hari$ )

$t_e$  = durasi hujan efektif (jam)

$K$  = koefisien permeabilitas tanah ( $m/hari$ ) (untuk sumur yang kedap, nilai  $K_v=K_h$ , untuk dinding tidak kedap diambil nilai  $K_{rata-rata}$ )

$K_{rata-rata}$  = koefisien permeabilitas tanah rata-rata ( $m/hari$ )

$K_v$  = koefisien permeabilitas tanah pada dinding sumur ( $m/hari$ )

$K_h$  = koefisien permeabilitas tanah pada alas sumur ( $m/hari$ )

$A_h$  = luas alas sumur ( $m^2$ )

$A_v$  = luas dinding sumur ( $m^2$ )

## 3. Volume penampungan air hujan

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp} \quad (3.23)$$

dengan:

$V_{ab}$  = volume andil banjir yang akan ditampung sumur resapan ( $m^3$ )

$V_{rsp}$  = volume air hujan yang meresap ( $m^3$ )

## 4. Penentuan jumlah sumur resapan air hujan

Terlebih dahulu menghitung  $H_{total}$  menggunakan persamaan 3.28.

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h} \quad (3.24)$$

$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}} \quad (3.25)$$

dengan:

$V_{ab}$  = volume andil banjir yang akan ditampung sumur resapan ( $m^3$ )

$V_{rsp}$  = volume air hujan yang meresap ( $m^3$ )



- $A_h$  = luas alas sumur ( $m^2$ )
- $n$  = jumlah sumur resapan air hujan (buah)
- $H_{total}$  = kedalaman sumur resapan air hujan (m)
- $H_{rencana}$  = kedalaman yang direncanakan < kedalaman air tanah (m)

### 3.6.3. Metode Sunjoto

Sunjoto (1988) merumuskan dasar perhitungan kedalaman sumur resapan menggunakan persamaan sebagai berikut:

#### 1. Debit Aliran

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (3.26)$$

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (3.27)$$

dengan:

$Q$  = debit masuk sumur ( $m^3/dtk$ )

$C$  = koef. aliran atap rumah dan bangunan kedap lainnya

$I$  = intensitas hujan dari  $R_T$  (hujan kala ulang)

$A_{ATAP}$  = luas atap rumah dan bangunan kedap lainnya ( $m^2$ )

$t$  =  $t_d$  (lama hujan dominan) (jam)

#### 2. Kedalaman efektifitas sumur resapan

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \left(1 - e^{-\frac{F \cdot K \cdot t_d}{\pi \cdot R^2}}\right) \quad (3.28)$$

dengan:

$H$  = kedalaman efektif sumur resapan (m)

$Q$  = debit air yang masuk/debit metode rasional ( $m^3/dtk$ )

$F$  = faktor geometrik

$K$  = permeabilitas tanah (m/dtk)

$t_d$  = waktu hujan dominan (detik) menurut sunjoto  $t_d$  di jogja adalah 2 jam

$R$  = jari-jari sumur resapan (m)

#### 3. Faktor geometrik

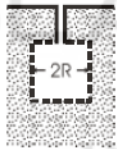
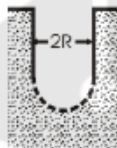
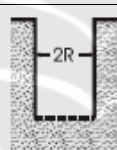
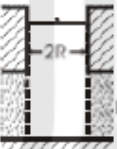

Untuk menghitung besar faktor geometrik ( $F$ ), selain telah dikembangkan oleh beberapa peneliti sejak 1930-an, maka telah pula diteliti oleh Sunjoto (1989). Dimana kondisi sumur resapan dengan dinding kedap air, dengan hanya dasar sumur yang dapat meresapkan air.

$$F = 2 \pi r \quad (3.29)$$

dengan:

r = jari-jari sumur resapan (m)

Tabel 3.10 Faktor Geometri

Kasus	Kondisi	Faktor Geometri
1		$F = 18 R$
2		$F = \pi^2 R$
3		$F = 2 \pi R$
4		$F = \frac{2 \pi L}{\ln \left( \frac{L+2R}{R} + \sqrt{1 + \left( \frac{L}{R} \right)^2} \right)}$
5		$F = \frac{2 \pi L + \pi^2 \ln 2}{\ln \left( \frac{L+2R}{R} + \sqrt{1 + \left( \frac{L}{2R} \right)^2} \right)}$

sumber: sunjoto (1989)

#### 4. Penentuan jumlah sumur resapan

$$n = \frac{H}{H_{rencana}} \quad (3.30)$$

dengan:

H = kedalaman efektif sumur resapan (m)

H<sub>rencana</sub> = kedalaman rencana sumur resapan (m)