

## **BAB II STUDI PUSTAKA**

### **2.1 Tinjauan Umum**

Dalam pekerjaan perencanaan suatu waduk diperlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan yang saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan. Bidang ilmu pengetahuan itu antara lain geologi, hidrologi, hidrolika dan mekanika tanah (Soedibyo, 1993).

Setiap daerah aliran sungai mempunyai sifat-sifat khusus yang berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran. Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan konstruksi waduk, perlu adanya kajian pustaka untuk menentukan spesifikasi-spesifikasi yang akan menjadi acuan dalam perencanaan pekerjaan konstruksi tersebut. Dalam bab ini juga dipaparkan secara singkat mengenai kebutuhan air baku, analisis hidrologi, dasar-dasar teori perencanaan embung yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi dan bangunan pelengkapannya (Soemarto, 1999).

### **2.2 Penentuan Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Yang dimaksud dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Kodoatie dan Sjarief, 2005). Untuk penentuan luas DAS pada perencanaan embung mengacu pada Perencanaan Pengembangan Wilayah Sungai dalam rangka peningkatan kemampuan penyediaan air sungai untuk berbagai kebutuhan hidup masyarakat, sehingga meliputi beberapa ketentuan antara lain (Soemarto, 1999) :

## **BAB II STUDI PUSTAKA**

1. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mengikuti pola bentuk aliran sungai dengan mempertimbangkan aspek geografis di sekitar Daerah Aliran Sungai yang mencakup daerah tangkapan (*cathment area*) untuk perencanaan waduk tersebut.
2. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat diketahui dari gambaran yang diantaranya meliputi peta-peta atau foto udara, dan perbedaan skala serta standar pemetaan sehingga dapat menghasilkan nilai-nilai yang sebenarnya. Untuk mengetahui luas DAS Waduk Ciniru digunakan peta topografi daerah Kabupaten Kuningan.

### **2.3 Curah Hujan Area**

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan/penelitian pembuatan embung. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan dalam debit banjir adalah hujan yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) pada waktu yang sama (Sosrodarsono dan Takeda, 1993).

Data hujan yang digunakan direncanakan selama 12 tahun sejak Januari 1995 hingga Desember 2006 ( data terlampir ). Menurut data dari BMG Stasiun Klimatologi Semarang, untuk daerah peta DAS dipilih tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Ciniru, Stasiun Waduk Darma, dan Stasiun Subang.

Curah hujan wilayah ini dapat diperhitungkan dengan beberapa cara, antara lain :

#### **2.3.1 Metode Rata-Rata Aljabar**

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil

**BAB II STUDI PUSTAKA**

penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto, 1999).

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana :

- $\bar{d}$  = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)
- $d_1, d_2, d_n$  = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ...n (mm)
- $n$  = Banyaknya pos penakar

**2.3.2 Metode Poligon Thiessen**

Cara ini bardasar rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata (Mori, 1977). Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini (Soemarto, 1999) dan diilustrasikan pada Gambar 2.1.

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\bar{R} = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

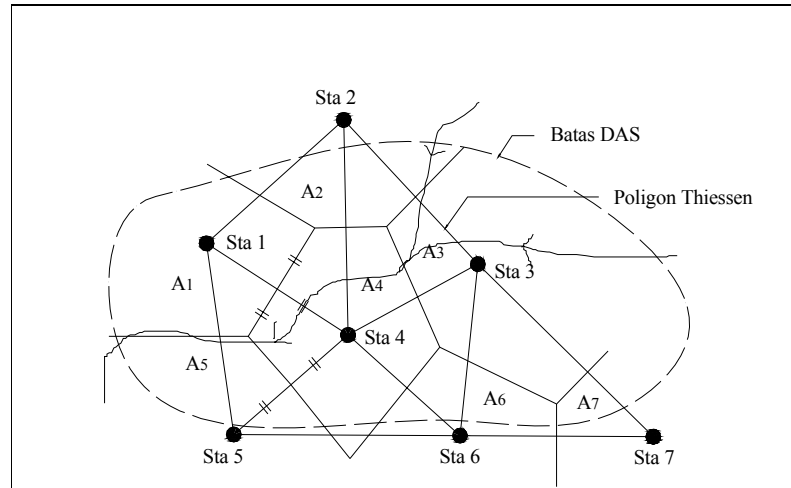
di mana :

- $C$  = Koefisien *Thiessen*
- $A_i$  = Luas pengaruh dari stasiun pengamatan i (km<sup>2</sup>)
- $A$  = Luas total dari DAS (km<sup>2</sup>)

## BAB II STUDI PUSTAKA

$\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan pada setiap titik stasiun (mm)



**Gambar 2.1 Poligon Thiessen** (Soemarto, 1999)

Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah stasiun.
- Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan.
- Topografi daerah tidak diperhitungkan dan stasiun hujan tidak tersebar merata.

### 2.3.3 Metode Rata-Rata Isohyet

Dengan cara ini, kita dapat menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet). Kemudian luas bagian diantara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-rata dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur, kemudian dikalikan dengan masing-masing luasnya. Hasilnya dijumlahkan dan dibagi dengan luas total daerah, maka akan didapat curah hujan areal yang dicari, seperti ditulis pada persamaan di bawah ini ( Soemarto,1999).

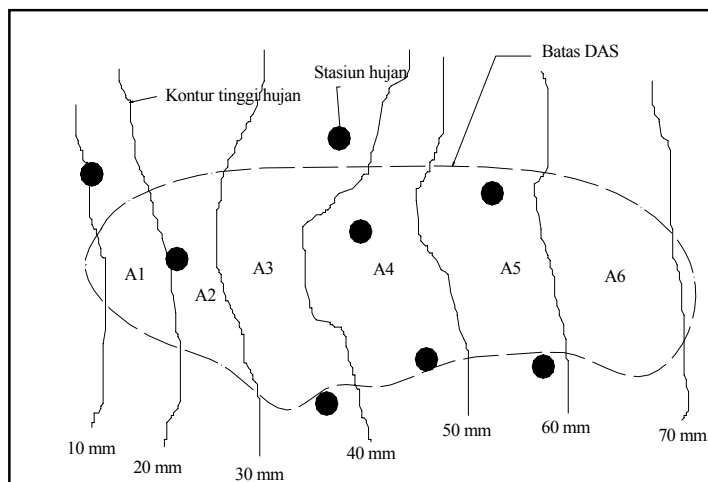
**BAB II STUDI PUSTAKA**

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana :

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata (mm)
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di garis isohyet (mm)
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas bagian yang dibatasi oleh isohyet-isohyet (km<sup>2</sup>)

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 saat menggambar garis-garis isohyet, sebaiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (hujan orografik). Untuk lebih jelasnya metode isohyet dapat diilustrasikan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Metode Isohyet** (Soemarto, 1999)

Dalam analisis curah hujan diperlukan data lengkap dalam arti kualitas dan panjang periode data. Data curah hujan umumnya ada yang hilang dikarenakan sesuatu hal atau dianggap kurang panjang jangka waktu

**BAB II STUDI PUSTAKA**

pencatatannya. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data lengkap dan diusahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus yaitu (Soemarto, 1999) :

$$R_x = \frac{1}{n} \left( \frac{\overline{R_x}}{R_A} R_A + \frac{\overline{R_x}}{R_B} R_B + \dots + \frac{\overline{R_x}}{R_N} R_N \right) \dots \dots \dots (2.5)$$

di mana :

- $R_x$  = Curah hujan di stasiun x yang akan dilengkapi (mm)
- $\overline{R_x}$  = Curah hujan rata-rata di stasiun x (mm)
- $R_A, R_B, \dots, R_N$  = Curah hujan di sta A, sta B, ..... sampai sta N (mm)
- $\overline{R_A}, \overline{R_B}, \dots, \overline{R_N}$  = Curah hujan rata-rata sta A, sta B, sampai sta N (mm)
- $n$  = Jumlah stasiun yang menjadi acuan

**2.4 Analisis Frekuensi**

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- 1. Parameter Statistik
- 2. Pemilihan Jenis Metode
- 3. Uji Kebenaran Sebaran
- 4. Perhitungan Hujan Rencana

**2.4.1 Parameter Statistik**

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv) koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

**BAB II STUDI PUSTAKA**

$$\bar{X} = \sum \frac{Rx}{n} ; \quad Sd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(Xi) - \bar{X}\}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(Xi) - \bar{X}\}^4}{Sd^4} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

di mana :

- $\bar{X}$  = Tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun (mm)
- $\Sigma X$  = Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)
- n = Jumlah tahun pencatatan data hujan
- Sd = Deviasi standar
- Cv = Koefisien variasi
- Cs = Koefisien kemiringan (*Skewness*)
- Ck = Koefisien kurtosis

Lima parameter statistik di atas akan menentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi.

**2.4.2 Pemilihan Jenis Metode**

Penentuan jenis metode akan digunakan untuk analisis frekuensi dilakukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut :

- Metode Gumbel Tipe I
- Metode Log Pearson Tipe III
- Metode Log Normal

**1. Metode Gumbel Tipe I**

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumble Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan  $Y_T$  dapat dihitung dengan rumus :

untuk  $T \geq 20$ , maka  $Y = \ln T$

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots (2.12)$$

di mana :

$X_T$  = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun (mm)

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hujan (mm)

S = Deviasi standar (simpangan baku)

$Y_T$  = Nilai reduksi variat ( *reduced variate* ) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, seperti dituliskan pada Tabel 2.3.

$Y_n$  = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1

$S_n$  = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2



**BAB II STUDI PUSTAKA**

**Tabel 2.1 Reduced Mean  $Y_n$  (Soemarto, 1999)**

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	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	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
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									

**Tabel 2.2 Reduced Standard Deviation  $S_n$  (Soemarto, 1999)**

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	1,0315	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	1,1923	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	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

**Tabel 2.3 Reduced Variate  $Y_T$  (Soemarto, 1999)**

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

**2. Metode Distribusi Log Pearson III**

Metode Log Pearson III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + k.S \dots\dots\dots (2.13)$$

di mana :

- Y = Nilai logaritmik dari X atau log X
- X = Curah hujan (mm)
- $\bar{Y}$  = Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y
- S = Deviasi standar nilai Y
- K = Karakteristik distribusi peluang Log-Pearson tipe III, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi log ( $X_1$ ), log ( $X_2$ ), log ( $X_3$ ), ..., log ( $X_n$ ).
2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus berikut :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots (2.14)$$

di mana :

- $\overline{\log X}$  = Harga rata-rata logaritmik
- n = Jumlah data
- $X_i$  = Nilai curah hujan tiap-tiap tahun ( $R_{24}$  maks) (mm)

3. Menghitung harga deviasi standarnya dengan rumus berikut :

$$Sd \log x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.15)$$

di mana :

- $S_1$  = Deviasi standar

**BAB II STUDI PUSTAKA**

4. Menghitung koefisien *Skewness* dengan rumus :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(Xi) - \overline{\log X}\}^3}{(n-1)(n-2)S_1^3} \dots\dots\dots (2.16)$$

di mana :

Cs = Koefisien *Skewness*

5. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus

$$\text{Log } X_T = \overline{\log X} + G \cdot S_1 \dots\dots\dots (2.17)$$

di mana :

X<sub>T</sub> = Curah hujan rencana periode ulang T tahun (mm)

G = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs yang didapat, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4

6. Menghitung koefisien Kurtosis (Ck) dengan rumus :

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(Xi) - \overline{\log X}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_1^4} \dots\dots\dots (2.18)$$

di mana :

Ck = Koefisien kurtosis

7. Menghitung koefisien Variasi (Cv) dengan rumus :

$$Cv = \frac{S_1}{\log X} \dots\dots\dots (2.19)$$

di mana :

Cv = Koefisien variasi

S<sub>1</sub> = Deviasi standar

Tabel 2.4 Harga K Untuk Distribusi Log Pearson III (Soemarto, 1999)

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

3. Metode Log Normal

Metode Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno,1995):

$$X_T = \bar{X} + Kt * S \dots\dots\dots (2.20)$$

di mana :

## BAB II STUDI PUSTAKA

- $X_T$  = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun (mm)
- $\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)
- S = Deviasi standar data hujan maksimum tahunan
- Kt = Standard Variable untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5

**Tabel 2.5 Standard Variabel Kt (Soewarno, 1995)**

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
1	-1.86	20	1.89	90	3.34
2	-0.22	25	2.10	100	3.45
3	0.17	30	2.27	110	3.53
4	0.44	35	2.41	120	3.62
5	0.64	40	2.54	130	3.70
6	0.81	45	2.65	140	3.77
7	0.95	50	2.75	150	3.84
8	1.06	55	2.86	160	3.91
9	1.17	60	2.93	170	3.97
10	1.26	65	3.02	180	4.03
11	1.35	70	3.08	190	4.09
12	1.43	75	3.60	200	4.14
13	1.50	80	3.21	221	4.24
14	1.57	85	3.28	240	4.33
15	1.63	90	3.33	260	4.42

**Tabel 2.6 Koefisien Untuk Metode Sebaran Log Normal (Soewarno, 1995)**

Cv	Periode Ulang T tahun					
	2	5	10	20	50	100
0.0500	-0.2500	0.8334	1.2965	1.6863	2.1341	2.4370
0.1000	-0.0496	0.8222	1.3078	1.7247	2.2130	2.5489
0.1500	-0.0738	0.8085	1.3156	1.7598	2.2899	2.6607
0.2000	-0.0971	0.7926	1.3200	1.7911	2.3640	2.7716
0.2500	-0.1194	0.7748	1.3209	1.8183	2.4348	2.8805
0.3000	-0.1406	0.7547	1.3183	1.8414	2.5316	2.9866
0.3500	-0.1604	0.7333	1.3126	1.8602	2.5638	3.0890
0.4000	-0.1788	0.7100	1.3037	1.8746	2.6212	3.1870
0.4500	-0.1957	0.6870	1.2920	1.8848	2.6734	3.2109
0.5000	-0.2111	0.6626	1.2778	1.8909	2.7202	3.3673
0.5500	-0.2251	0.6129	1.2513	1.8931	2.7615	3.4488
0.6000	-0.2375	0.5879	1.2428	1.8916	2.7974	3.5241
0.6500	-0.2485	0.5879	1.2226	1.8866	2.8279	3.5930
0.7000	-0.2582	0.5631	1.2011	1.8786	2.8532	3.6568
0.7500	-0.2667	0.5387	1.1784	1.8577	2.8735	3.7118
0.8000	-0.2739	0.5148	1.1548	1.8543	2.8891	3.7617
0.8500	-0.2801	0.4914	1.1306	1.8388	2.9002	3.8056
0.9000	-0.2852	0.4886	1.1060	1.8212	2.9071	3.8437
0.9500	-0.2895	0.4466	1.0810	1.8021	2.9102	3.8762
1.0000	-0.2929	0.4254	1.0560	1.7815	2.9098	3.9036

**2.4.3 Uji Keselarasan Sebaran**

Uji keselarasan sebaran dilakukan untuk mengetahui jenis metode yang paling sesuai dengan data hujan. Uji metode dilakukan dengan uji keselarasan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang di analisis (Soewarno,1995).

Ada dua jenis uji keselarasan yaitu uji keselarasan Chi Kuadrat ( *Chi Square* ) dan Smirnov Kolmogorof. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil perhitungan yang diharapkan.

**1. Uji Keselarasan Chi Kuadrat ( *Chi Square* )**

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi square* ( $X^2$ ) dengan nilai *chi square* kritis ( $X^2_{cr}$ ). Uji keselarasan *chi square* menggunakan rumus (Soewarno,1995):

**BAB II STUDI PUSTAKA**

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.21)$$

di mana :

- $X^2$  = Harga *chi square* terhitung
- $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i
- $N$  = Jumlah data

Suatu distrisbusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung <  $X^2$  kritis. Nilai  $X^2$  kritis dapat dilihat di Tabel 2.7. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan *chi square* kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5 %. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soewarno,1995) :

$$Dk = K-(P+1)\dots\dots\dots (2.22)$$

di mana :

- $Dk$  = Derajat kebebasan
- $P$  = Nilai untuk distribusi Metode Gumbel,  $P = 1$

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan dirtibusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

**BAB II STUDI PUSTAKA**

**Tabel 2.7 Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Square (Soewarno, 1995)**

dk	$\alpha$ Derajat keprcayan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,41	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672



**BAB II STUDI PUSTAKA**

**2. Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof**

Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut ;

Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995)

$$\alpha = \frac{P_{\max} - P_{(x)}}{P_{(x)} - \Delta_{Cr}} \dots\dots\dots (2.23)$$

1. Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data ( persamaan distribusinya) :

- $X_1 \rightarrow P'(X_1)$
- $X_2 \rightarrow P'(X_2)$
- $X_m \rightarrow P'(X_m)$
- $X_n \rightarrow P'(X_n)$

2. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov – Kolmogorof test*) tentukan harga  $D_0$  (seperti ditunjukkan pada Tabel 2.8).

**Tabel 2.8 Nilai Delta Kritis Untuk Uji Keselarasan Smirnov - Kolmogorof**  
(Soewarno, 1995)

Jumlah data n	$\alpha$ derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

**BAB II STUDI PUSTAKA**

**Tabel 2.19. Hubungan Antara Nilai k, Derajat Kepercayaan dan Nilai Peluang  $P(x \leq)$**

<b>k</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
-2,4	0,085	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,073	0,071	0,069	0,067
-2,3	0,115	0,109	0,104	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087
-2,2	1,701	1,646	1,591	1,537	1,482	1,427	1,373	1,318	1,263	1,209
-2,1	2,247	2,193	2,138	2,083	2,029	1,974	1,919	1,865	1,810	1,755
-2	2,794	2,739	2,685	2,630	2,575	2,521	2,466	2,411	2,357	2,302
-1,9	3,341	3,286	3,231	3,177	3,122	3,067	3,013	2,958	2,903	2,849
-1,8	3,887	-1,634	3,778	3,723	3,669	3,614	3,559	3,505	3,450	3,395
-1,7	4,434	4,379	4,325	4,270	4,215	4,161	4,106	4,051	3,997	3,942
-1,6	5,334	5,191	5,048	4,905	4,762	4,707	4,653	4,598	4,543	4,489
-1,5	6,764	6,621	6,478	6,335	6,192	6,049	5,906	5,763	5,620	5,477
-1,4	8,194	8,051	7,908	7,765	7,622	7,479	7,336	7,193	7,050	6,907
-1,3	9,624	9,481	9,338	9,052	9,052	8,909	8,766	8,623	8,480	8,337
-1,2	11,745	11,515	11,286	11,057	10,827	10,598	10,369	10,139	9,910	9,767
-1,1	14,038	13,808	13,579	13,350	13,120	12,891	12,662	12,432	12,203	11,974
-1	16,331	16,102	15,872	15,643	15,414	15,184	14,955	14,726	14,496	14,267
-0,9	18,624	18,395	18,165	17,936	17,707	17,478	17,248	17,019	16,790	16,560
-0,8	21,132	20,849	20,566	20,283	20,000	19,717	19,434	19,151	19,083	18,853
-0,7	23,963	23,680	23,397	23,114	22,831	22,548	22,265	21,981	21,698	21,415
-0,6	27,266	26,915	26,565	26,214	25,864	25,513	25,163	24,812	24,529	24,246
-0,5	30,814	30,442	30,070	29,719	29,369	29,018	28,668	28,317	27,967	27,616
-0,4	34,537	34,164	33,792	33,420	33,048	32,675	32,303	31,931	31,559	31,187
-0,3	38,259	37,887	37,514	37,142	36,770	36,398	36,025	35,653	35,281	34,909
-0,2	42,096	41,701	41,305	40,910	40,515	40,120	39,725	39,329	39,003	38,539
-0,1	46,048	45,653	45,258	44,862	44,467	44,072	43,677	43,281	42,886	42,491
0	50,000	49,605	49,210	48,814	48,419	48,024	47,629	47,234	46,838	46,443
0	50,000	50,400	50,800	51,200	51,600	52,000	52,400	52,800	53,200	53,600
0,1	54,000	54,400	54,800	55,200	55,600	56,000	56,400	56,800	57,415	57,600
0,2	58,000	58,400	58,800	59,200	59,600	60,000	60,369	60,739	61,108	61,477
0,3	61,846	62,216	62,585	62,954	63,323	63,693	64,062	64,431	64,800	64,062
0,4	65,539	65,908	66,277	66,647	67,016	67,385	67,754	68,124	68,493	58,154
0,5	69,601	69,601	69,970	70,305	70,641	70,976	71,311	71,647	71,982	72,317
0,6	72,988	72,988	73,323	73,659	73,994	74,329	74,665	75,000	75,294	75,588
0,7	75,882	76,177	76,471	76,765	77,059	77,353	77,647	77,941	78,235	78,529
0,8	78,824	78,824	79,412	79,706	80,000	80,227	80,455	80,682	80,909	81,136
0,9	81,364	81,591	81,818	82,046	82,273	82,500	82,727	82,955	83,182	83,409
1	83,636	83,864	84,091	84,318	84,546	84,773	85,000	85,227	85,455	85,682

**BAB II STUDI PUSTAKA**

<b>k</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
1,1	85,909	86,136	86,364	86,591	86,818	87,046	87,273	87,500	87,727	87,955
1,2	88,182	88,409	88,636	88,864	89,091	89,318	89,546	89,773	90,000	90,139
1,3	90,278	90,417	90,556	90,694	90,833	90,972	91,111	91,250	91,389	91,528
1,4	91,667	91,806	92,667	92,083	92,222	92,361	92,500	92,639	92,778	92,917
1,5	93,056	93,194	93,333	93,472	93,611	93,750	93,889	94,028	94,167	94,306
1,6	94,444	94,583	94,722	94,861	95,000	95,143	95,286	95,429	95,571	95,714
1,7	95,857	96,000	96,059	96,118	96,177	96,235	96,294	96,353	96,412	96,471
1,8	96,529	96,588	96,647	96,706	96,765	96,824	96,882	96,941	97,000	97,059
1,9	97,118	97,177	97,235	97,294	97,353	97,412	97,471	97,529	97,588	97,647
2	97,706	97,765	97,824	97,882	97,941	98,000	98,036	98,071	98,107	98,143
2,1	98,179	98,214	98,250	98,286	98,321	98,357	98,393	98,429	98,464	98,500
2,2	98,536	98,571	98,607	98,643	98,679	98,714	98,750	98,786	98,821	98,857
2,3	98,893	98,929	98,964	99,000	99,020	99,040	99,060	99,080	99,100	99,120
2,4	99,140	99,160	99,180	99,200	99,220	99,240	99,260	99,280	99,300	99,320
2,5	99,340	99,360	99,380	99,400	99,420	99,440	99,460	99,480	99,500	99,510
2,6	99,520	99,530	99,540	99,550	99,560	99,570	99,580	99,590	99,600	99,610
2,7	99,620	99,630	99,640	99,650	99,660	99,670	99,680	99,690	99,700	99,710
2,8	99,720	99,730	99,740	99,750	99,760	99,770	99,780	99,790	99,800	99,805
2,9	99,810	99,814	99,819	99,824	99,829	99,833	99,838	99,843	99,848	99,852

( Sumber : Soewarno 1995)

**2.5 Intensitas Curah Hujan**

Untuk menentukan Debit Banjir Rencana (*Design Flood*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987). Untuk menghitung intensitas curah hujan, dapat digunakan rumus empiris dari Dr. Mononobe (Soemarto, 1999) sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} * \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (2.24)$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

**BAB II STUDI PUSTAKA**

- t = Lamanya curah hujan (jam)
- R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

**2.6 Debit Banjir Rencana**

Untuk mencari debit banjir rencana dapat digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan. Metode ini paling banyak dikembangkan sehingga didapat beberapa rumus diantaranya sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 1984) yaitu :

**1. Metode Rasional**

Rumus yang dipakai yaitu :

$$Q_t = \frac{C \cdot R \cdot A}{3.6} = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.25)$$

$$R = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$T_c = L/W \dots\dots\dots (2.27)$$

$$W = 72 \left( \frac{H}{L} \right)^{0.6} \dots\dots\dots (2.28)$$

di mana :

- Q<sub>t</sub> = Debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/dtk)
- C = Koefisien pengaliran
- R = Intensitas hujan selama t jam (mm/jam)
- A = Luas DAS sampai 100 km<sup>2</sup> (km<sup>2</sup>)
- T<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)
- L = Panjang sungai (km)
- H = Beda tinggi (km)
- W = Kecepatan perambatan banjir (km/jam)

Koefisien pengaliran / *run off* (C) tergantung dari faktor-faktor daerah pengalirannya, seperti jenis tanah, kemiringan, vegetasi, luas, bentuk daerah

**BAB II STUDI PUSTAKA**

pengaliran sungai (Loebis, 1987). Untuk menentukan koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.10.

**Tabel 2.10 Koefisien Pengaliran atau C (Loebis, 1987)**

Type Daerah Aliran		Harga C
Perumputan	Tanah pasir, datar, 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25-0,35
Business	Daerah kota lama	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Daerah “single family	0,30-0,50
	“multi unit”terpisah-pisah	0,40-0,60
	“multi unit”tertutup	0,60-0,75
	“sub urban”	0,25-0,40
	daerah rumah-rumah apartemen	0,50-0,70
Industri	Daerah ringan	0,50-0,80
	Daerah berat	0,60-0,90
Pertamanan		0,10-0,25
Tempat bermain		0,20-0,35
Halaman kereta api		0,20-0,40

**2 Metode Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I**

Cara ini dipakai sebagai upaya memperoleh hidrograf satuan suatu DAS yang belum pernah diukur. Dengan pengertian lain tidak tersedia data pengukuran debit maupun data AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) pada suatu tempat tertentu dalam sebuah DAS yang tidak ada stasiun hidrometernya (Soedibyo, 1993). Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik ( $T_R$ ), debit puncak ( $Q_p$ ) dan waktu dasar ( $T_B$ ). Kurva naik merupakan garis lurus, sedangkan kurva turun dibentuk oleh persamaan sebagai berikut dan diilustrasikan pada Gambar 2.3.

$$Q_t = Q_p * e^{\left(\frac{-t}{k}\right)} \dots\dots\dots (2.29)$$