

## BAB IV

### ANALISA DAN PERHITUNGAN

#### 4.1 Analisa Data Curah Hujan

##### 4.1.1 Analisa Curah Hujan Metode Poligon Thiessen

Untuk perhitungan curah hujan rencana ini digunakan data curah hujan dari 3 stasiun curah hujan, dengan memakai data curah hujan selama 12 tahun yaitu dari tahun 2007 sampai tahun 2018, seperti terlampir dalam tabel berikut:

Metode poligon Thiessen digunakan rumus yaitu :

$$\bar{R} = \frac{R_A \cdot A_A + R_B \cdot A_B + R_C \cdot A_C + R_D \cdot A_D + \dots + R_n \cdot A_n}{A}$$

Dimana :

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

$R_A, R_B, R_C, R_D, \dots, R_n$  = Curah hujan maximum pada stasiun A, B, C, D, ..., n

$A_1 A_2 A_3 A_4$  = Luas daerah yang terwakili oleh stasiun A, B, C, D, ..., n

$A$  = Luas catchment area( $\text{km}^2$ )

Berikut perhitungan curah hujan metode poligon Thiessen pada 10 April 2007 yaitu :

➤ Curah hujan pada stasiun pengamatan

$R_{\text{Danau Atas}} = 255 \text{ mm}$

$R_{\text{Ladang Padi}} = 0 \text{ mm}$

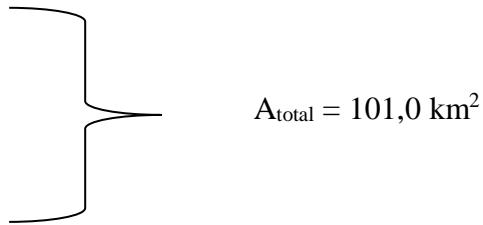
$R_{\text{Sumani}} = 6,3 \text{ mm}$

➤ Luas daerah yang mempengaruhi Catchment area (A)

$A_{\text{Danau Atas}} = 38,0 \text{ km}^2$

$A_{\text{Ladang Padi}} = 42,0 \text{ km}^2$

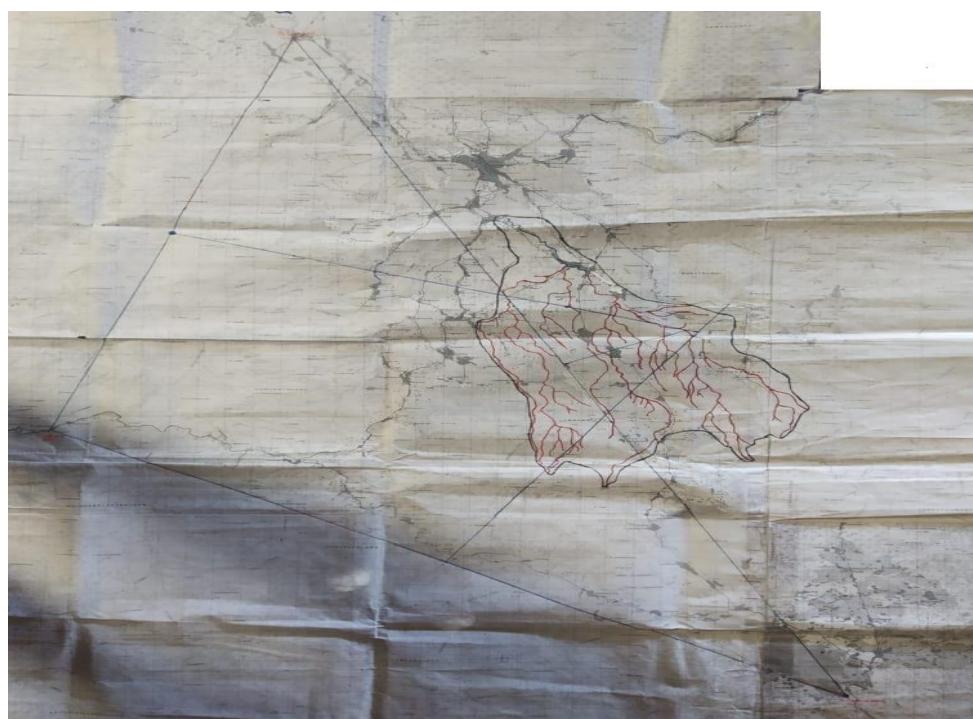
$A_{\text{sumani}} = 21,0 \text{ km}^2$



Sehingga didapat,

$$R = \frac{(255,0 \times 38,0) + (0 \times 42,0) + (6,3 \times 21,0)}{(38,0 + 42,0 + 21,0)} = 97,25 \text{ mm}$$

➤ Koefisien Thiessen



Gambar 4.1 poligon thiessen dari peta topografi

$$\begin{aligned}
 \text{a. Stasiun Danau Diatas} &= \frac{38.0 \text{ km}^2}{101.0 \text{ km}^2} = 0,376 \\
 \text{b. Stasiun Ladang Padi} &= \frac{42.0 \text{ km}^2}{101.0 \text{ km}^2} = 0,416 \\
 \text{c. Stasiun Sumantri} &= \frac{21,0 \text{ km}^2}{101.0 \text{ km}^2} = 0,208
 \end{aligned}
 \quad = 1$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.1 Perhitungan curah hujan metode poligon Thiessen

Tgl	Bulan	Tahun	Stasiun Pengamatan			Curah Hujan (mm)	Hujan Maksimum (mm)
			Danau Diatas	Ladang Padi	Sumantri		
			0.376	0.416	0.208		
10	Apr	2007	255.0	0.0	6.3	97.25	97.25
17	Jun		0.0	75.0	0.0	31.19	
4	Apr		31.0	22.0	67.0	34.74	

18	Des	2008	67	0.0	2.9	25.81	39.93
25	Feb		16.0	80	3.1	39.93	
10	Agust		0.0	0.0	127.5	26.51	
6	Apr	2009	78	30.0	0.0	41.82	61.43
6	Jan		3.0	145	0.0	61.43	
26	Mar		25.0	25.0	143.1	49.56	
3	Apr	2010	67	76.0	47.2	66.63	66.63
24	Feb		0.0	109	0.0	45.33	
5	Mar		0.0	15.0	100.5	27.13	
22	Mei	2011	64	11.7	0.0	28.94	49.07
22	Jun		0.0	118	0.0	49.07	
21	Sept		9.0	18.0	66.8	24.76	
3	Mei	2012	107	0.0	0.0	40.26	48.92
24	Jul		0.0	117	1.3	48.92	
31	Okt		0.0	39.0	88.1	34.54	
12	Jul	2013	55	7.5	11.0	26.10	63.21
3	Des		0.0	125	13.0	54.68	
24	Mar		0.0	45.0	214	63.21	
22	Nov	2014	42	23.0	33.4	32.31	64.51
30	Okt		9.0	125	4.3	56.26	
31	Okt		30.2	79.0	97.6	64.51	
27	Nov	2015	68	1.0	6.9	27.43	46.05
3	Nov		30.0	76	15.2	46.05	
26	Apr		0.0	26.0	73.1	26.01	
7	Feb	2016	75.3	42.0	68.5	60.04	60.04
7	Okt		3.0	118	3.1	50.84	
17	Jul		56.4	18.0	79	45.13	
27	Nov	2017	80	68.0	21.9	62.93	62.93
9	Okt		27.0	122		60.89	
26	Mar		0.0	26.0	75.5	26.51	
26	Mar	2018	69	25.0	75.5	52.05	98.75
10	Des		37.0	192	24.0	98.75	
2	Des		0.0	0.0	78	16.22	

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.2 Hujan maksimum harian DAS Batang Lembang

No.	Waktu Kejadian			Hujan Maksimum (mm)
	Tanggal	Bulan	Tahun	
1	10	Apr	2007	97.25
2	25	Feb	2008	39.93
3	6	Jan	2009	61.43
4	3	Apr	2010	66.63
5	22	Jun	2011	49.07
6	24	Jul	2012	48.92
7	24	Mar	2013	63.21
8	31	0kt	2014	64.51
9	3	Nov	2015	46.05
10	7	Feb	2016	60.04
11	27	Nov	2017	62.93
12	10	Des	2018	98.75

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.1.2 Analisis Curah Hujan Rencana

Untuk mendapatkan besarnya debit banjir rencana berdasarkan data hujan, perlu dilakukan terlebih dahulu analisis. Analisis yang digunakan adalah analisis statistik distribusi curah hujan harian maksimum, Untuk memperoleh distribusi frekuensi, metode yang umum dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson tipe III.

##### 4.1.2.1 Distribusi Probabilitas Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan probabilitas normal, jika data yang digunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot SD$$

Perhitungan ditabelkan.

Tabel 4.3 Perhitungan curah hujan rata-rata

No.	Tahun	$X_i$ (mm)	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2007	97.25	1157.66
2	2008	39.93	542.63
3	2009	61.43	3.24
4	2010	66.63	11.56
5	2011	49.07	200.42
6	2012	48.92	204.56
7	2013	63.21	0.00
8	2014	64.51	1.64
9	2015	46.05	294.97
10	2016	60.04	10.16
11	2017	62.93	0.09
12	2018	98.75	1262.12
	$\Sigma$	<b>758.71</b>	3689.04
	$\bar{X}$	<b>63.23</b>	

(Sumber : Perhitungan)

$$\text{Curah hujan rata-rata } (\bar{X}) = \frac{\sum X}{n} = \frac{758,71}{12} \\ = 63,23 \text{ mm}$$

$$\text{Standar deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3689,04}{12-1}} = 18,31 \text{ mm}$$

Nilai  $K_T$  didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu :

$T = 2$  maka  $K_T = 0$  (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss pada Tabel 2.3)

Perhitungan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun yaitu :

$$\begin{aligned} X_2 &= \bar{X} + K_T \cdot SD \\ &= 63,23 \text{ mm} + (0 \times 18,31) \\ &= 63,23 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.4 Perhitungan curah hujan metode Distribusi Normal

No.	Periode ulang (T)	$\bar{X}$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)
1	2	63.23	0	<b>63.23</b>
2	5	63.23	0.84	<b>78.61</b>
3	10	63.23	1.28	<b>86.67</b>
4	20	63.23	1.64	<b>93.26</b>
5	25	63.23	1.71	<b>94.54</b>
6	50	63.23	2.05	<b>100.77</b>
7	100	63.23	2.33	<b>105.90</b>

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.1.2.2 Distribusi Probabilitas Gumbel

Jika data hujan yang digunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel.

Curah hujan pada periode ulang ( $X_T$ ) yaitu :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\text{Standar deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

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

n = Jumlah data

SD = Standar deviasi

Besarnya curah hujan rencana dihitung dengan rumus :

$$X_T = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \times SD$$

Dimana :

$X_T$  = Curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun (mm)

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

SD = Standar deviasi

$S_n$  = Reduced standar deviasi

$Y_t$  = Reduced variate

$Y_n$  = Reduced mean

Untuk nilai  $S_n$ ,  $Y_t$ ,  $Y_n$  digunakan Tabel.

Perhitungan curah hujan disajikan dalam tabel.

$$\text{Curah hujan rata-rata } (\bar{X}) = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{758,71}{12} \\ = 63,23 \text{ mm}$$

$$\text{Standar deviasi SD} = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ = \sqrt{\frac{3689,04}{12-1}} = 18,31 \text{ mm}$$

Tabel 4.5 Perhitungan curah hujan rencana

No.	Rangking (mm)	$(\bar{X}) = (\sum X_i)/n$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	98.75	63.23	35.53	1262.12
2	97.25	63.23	34.02	1157.66
3	66.63	63.23	3.40	11.56
4	64.51	63.23	1.28	1.64
5	63.21	63.23	-0.02	0.00
6	62.93	63.23	-0.30	0.09
7	61.43	63.23	-1.80	3.24
8	60.04	63.23	-3.19	10.16
9	49.07	63.23	-14.16	200.42
10	48.92	63.23	-14.30	204.56
11	46.05	63.23	-17.17	294.97
12	39.93	63.23	-23.29	542.63
	<b>758.71</b>			<b>3689.04</b>

(Sumber : Perhitungan)

Untuk,  $n = 12$  tahun ; didapat  $Y_n = 0,5035$  ;  $S_n = 0,9833$

untuk,  $t = 2$  tahun ;  $Y_t = 0,3065$

untuk,  $t = 5$  tahun ;  $Y_t = 1,4999$

untuk,  $t = 10$  tahun ;  $Y_t = 2,2504$   
 untuk,  $t = 20$  tahun ;  $Y_t = 2,9702$   
 untuk,  $t = 25$  tahun ;  $Y_t = 3,1985$   
 untuk,  $t = 50$  tahun ;  $Y_t = 3,9019$   
 untuk,  $t = 100$  tahun ;  $Y_t = 4,6001$

Sehingga, curah hujan periode ulang dengan metode Gumbel yaitu :

$$X_2 = 63,23 + \frac{(0,3065 - 0,5035)}{0,9833} \times 18,31 \\ = 59,56 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.6 Perhitungan curah hujan metode Distribusi Gumbel

No.	Periode ulang (tahun)	$S_n$	SD	$Y_n$	$Y_t$	$X_T$ (mm)
1	2	0.9833	18.31	0.5035	0.3065	59.56
2	5	0.9833	18.31	0.5035	1.4999	81.78
3	10	0.9833	18.31	0.5035	2.2504	95.76
4	20	0.9833	18.31	0.5035	2.9702	109.17
5	25	0.9833	18.31	0.5035	3.1255	112.06
6	50	0.9833	18.31	0.5035	3.9019	126.52
7	100	0.9833	18.31	0.5022	4.6001	139.55

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.1.2.3 Metode Distribusi Log Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan probabilitas Log Normal, Jika data yang digunakan berupa sampel.Untuk perhitungan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$  = Nilai Logaritma hujan rencana periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$  = Nilai rata-rata Log X (mm)

$S \text{ Log } X$  = Standar deviasi dari Log X (mm)

$K_T$  = Nilai  $K_T$  didapat berdasarkan periode ulang tahun ( $T$ ) yaitu :

$T = 2$  maka  $K_T = 0$  (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss)

Perhitungan curah hujan rencana Log Normal yaitu :

$$\text{Log } 97,25 = 1,99 \text{ mm}$$

$$\overline{\text{Log } X_i} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n} = \frac{21.43}{12} = 1,79 \text{ mm}$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X_i})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,154}{12-1}} = 0,118 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_2 = 1,79 + (0 \times 0,118) = 1,79 \text{ mm}$$

$$X_2 = 10^{1,79} = 61,66 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.7 Parameter statistik metode Distribusi Log Normal

No.	$X_i$ (mm)	$\text{Log } X_i$	$\text{Log } X_i - (\overline{\text{Log } X})\bar{i}$	$(\text{Log } X_i - (\overline{\text{Log } X})\bar{i})^2$
1	97.25	1.99	0.20	0.041
2	39.93	1.60	-0.18	0.034
3	61.43	1.79	0.00	0.000
4	66.63	1.82	0.04	0.001
5	49.07	1.69	-0.09	0.009
6	48.92	1.69	-0.10	0.009
7	63.21	1.80	0.02	0.000
8	64.51	1.81	0.02	0.001
9	46.05	1.66	-0.12	0.015
10	60.04	1.78	-0.01	0.000
11	62.93	1.80	0.01	0.000
12	98.75	1.99	0.21	0.044
$\Sigma$	<b>758.71</b>	<b>21.43</b>		<b>0.154</b>

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.8 Perhitungan hujan rencana Distribusi Log Normal

No.	Periode ulang (T)	K <sub>T</sub>	Log X <sub>T</sub>	X <sub>T</sub> (mm)
1	2	0	1,79	61,66
2	5	0,84	1,89	77,62
3	10	1,28	1,94	87,09
4	.20	1,64	1,98	95,49
5	25	1,71	1,99	97,72
6	50	2,05	2,04	109,65
7	100	2,33	2,06	114,82

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.1.2.4 Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Perhitungan hujan rencana berdasarkan probabilitas Log Pearson Tipe III, Jika data yang digunakan berupa sampel. Untuk perhitungan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X)$$

Dimana :

Log X<sub>T</sub> = Nilai Logaritma hujan rencana periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$  = Nilai rata-rata Log X (mm)

S Log X = Standar deviasi dari Log X (mm)

K<sub>T</sub> = Variabel standar didapat berdasarkan koefisien kemecengan (Cs atau G)

Tabel 4.9 Parameter statistik metode Distribusi Log Pearson Tipe III

No.	X <sub>i</sub> (mm)	Log X <sub>i</sub>	(Log X <sub>i</sub> - $\overline{\text{Log } X_i}$ ) <sup>2</sup>	(Log X <sub>i</sub> - $\overline{\text{Log } X_i}$ ) <sup>3</sup>
1	97.25	1.99	0.041	0.008
2	39.93	1.60	0.034	-0.006
3	61.43	1.79	0.000	0.000
4	66.63	1.82	0.001	0.000

5	49.07	1.69	0.009	-0.001
6	48.92	1.69	0.009	-0.001
7	63.21	1.80	0.000	0.000
8	64.51	1.81	0.001	0.000
9	46.05	1.66	0.015	-0.002
10	60.04	1.78	0.000	0.000
11	62.93	1.80	0.000	0.000
12	98.75	1.99	0.044	0.009
$\Sigma$	<b>758.71</b>	<b>21.43</b>	<b>0.154</b>	<b>0.008</b>

(Sumber : Perhitungan)

Perhitungan curah hujan rencana metode Log Pearson Tipe III yaitu :

$$\text{Log } 97.25 = 1.99 \text{ mm}$$

$$\overline{\text{Log } X_i} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n} = \frac{21.43}{12} = 1.79 \text{ mm}$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.154}{12-1}} = 0.118 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ Log } X)^3} \\ &= \frac{12 \times (0,008)}{(12-1) \times (12-2) \times (0,118)^3} \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

Nilai  $K_T$  dihitung berdasarkan nilai  $T$  dan nilai  $C_s$  atau  $C$  dari tabel kemecengangan dengan  $C_s = 0,5$  didapatkan nilai  $K_T$  yaitu :

$$T = 2 \text{ tahun} \quad \text{maka} \quad K_T = -0.083$$

$$T = 5 \text{ tahun} \quad \text{maka} \quad K_T = 0,808$$

$$T = 10 \text{ tahun} \quad \text{maka} \quad K_T = 1,323$$

$$T = 25 \text{ tahun} \quad \text{maka} \quad K_T = 1,910$$

$$T = 50 \text{ tahun} \quad \text{maka} \quad K_T = 2,311$$

$$T = 100 \text{ tahun} \quad \text{maka} \quad K_T = 2,686$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_2 &= 1,79 + (0,083 \times 0,118) = 1,799 = 1.8\text{mm} \\
 X_2 &= 10^{1,8} \\
 &= 63,09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.10 Perhitungan hujan rencana Log Pearson Tipe III

No.	Periode ulang (T)	K <sub>T</sub>	Log X <sub>T</sub>	X <sub>T</sub> (mm)
1	2	0,083	1,8	63,09
2	5	0,808	1,86	72,44
3	10	1,323	1,95	89,13
4	25	1,910	2,02	104,71
5	50	2,311	2,06	114,82
6	100	2,686	2,11	128,82

(Sumber : Perhitungan)

## 4.2 Uji Distribusi Probabilitas

Uji Distribusi Probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

### 4.2.1 Uji Chi – Kuadrat ( $\chi^2$ )

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode uji chi kuadrat adalah sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

Dimana:

$\chi^2$  = Parameter chi kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

n = Jumlah sub kelompok

Derajat nyata atau drajat kepercayaan ( $\alpha$ ) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Drajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus :

$$Dk = k - (p + 1)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dimana:

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Chi kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

$$\chi^2 < \chi^2 \text{ kritis}$$

Dimana:

$\chi^2$  = Parameter Chi kuadrat terhitung

$\chi^2_{cr}$  = Parameter Chi kuadrat kritis (Tabel)

#### a. Menghitung parameter statistik X rata-rata dan standar deviasi.

Tabel 4.11 Data curah hujan yang diurutkan dari besar ke kecil

No.	$X_i$ (mm)	Peringkat (m)	$P = \frac{m}{n+1}$	$T = 1/P$
1	98,75	1	0,08	13,00
2	97,25	2	0,15	6,50
3	66,63	3	0,23	4,33
4	64,51	4	0,31	3,25
5	63,21	5	0,38	2,60
6	62,93	6	0,46	2,17
7	61,43	7	0,54	1,86
8	60,04	8	0,62	1,63
9	49,07	9	0,69	1,44
10	48,92	10	0,77	1,30
11	46,05	11	0,85	1,18
12	39,93	12	0,92	1,08

(Sumber : Perhitungan)

**b. Menghitung jumlah kelas**

Jumlah data ( $n$ ) = 12

$$\text{Kelas distribusi (K)} = 1 + 3,3 \log n$$

$$= 1 + 3,3 \log 12 = 5 \text{ kelas}$$

**c. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan  $X^2_{cr}$** 

Parameter ( $P$ ) = 2

$$\text{Derajat kebebasan (DK)} = K - (P+1)$$

$$= 5 - (2 + 1) = 2$$

Nilai  $X^2_{cr}$  dengan jumlah data ( $n$ ) = 12,  $\alpha$  = 5 % dan  $Dk$  = 2 adalah 5,991 (tabel)

**d. Menghitung kelas distribusi**

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100 \% = 20 \%$$

Interval distribusi yaitu 20 %, 40 %, 60 %, 80 %.

➤ Persentase 20%

$$P(x) = 20 \% \text{ diperoleh } T = 1/Px = 1/0,20 = 5 \text{ tahun}$$

➤ Persentase 40%

$$P(x) = 40 \% \text{ diperoleh } T = 1/Px = 1/0,40 = 2,5 \text{ tahun}$$

➤ Persentase 60 %

$$P(x) = 60 \% \text{ diperoleh } T = 1/Px = 1/0,60 = 1,67 \text{ tahun}$$

➤ Persentase 80%

$$P(x) = 80 \% \text{ diperoleh } T = 1/Px = 1/0,80 = 1,25 \text{ tahun}$$

**e. Menghitung kelas interval****1) Distribusi Probabilitas Normal**

Nilai  $K_T$  didapat berdasarkan periode ulang tahun ( $T$ ) yaitu :

$$T = 5 \text{ tahun} \quad \text{maka } K_T = 0,84 \text{ (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss)}$$

$$T = 2,5 \text{ tahun} \quad \text{maka } K_T = 0,25$$

$$T = 1,67 \text{ tahun} \quad \text{maka } K_T = -0,25$$

$$T = 1,25 \text{ tahun} \quad \text{maka } K_T = -0,84$$

$$\text{Nilai } \bar{x} = 63,23 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai SD} = 18,31 \text{ mm}$$

Interval kelas :

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot SD$$

$$X_5 = 63,23 + (0,84 \times 18,31) = 78,61 \text{ mm}$$

$$X_{2,5} = 63,23 + (0,25 \times 18,31) = 67,81 \text{ mm}$$

$$X_{1,67} = 63,23 + (-0,25 \times 18,31) = 58,65 \text{ mm}$$

$$X_{1,25} = 63,23 + (-0,84 \times 18,31) = 47,85 \text{ mm}$$

## 2) Distribusi Probabilitas Gumbel

Dengan jumlah data ( $n$ ) = 12, berdasarkan tabel nilai reduced standard deviation ( $S_n$ ) dan nilai reduced mean ( $Y_n$ ), maka didapat nilai,

$$Y_n = 0,5035 \text{ dan } S_n = 0,9833$$

$$Y_t = -\ln(-\ln \frac{T-1}{T})$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{Y_t - 0,5035}{0,9833}$$

Sehingga didapat :

$$T = 5 \text{ tahun} \quad Y_t = 1,4999 \quad \text{maka } K = 1,013$$

$$T = 2,5 \text{ tahun} \quad Y_t = 0,6717 \quad \text{maka } K = 0,171$$

$$T = 1,67 \text{ tahun} \quad Y_t = 0,0907 \quad \text{maka } K = -0,419$$

$$T = 1,25 \text{ tahun} \quad Y_t = -0,4759 \quad \text{maka } K = -0,996$$

Maka interval kelas yaitu :

$$X_T = \bar{x} + K \cdot SD$$

$$X_5 = 63,23 + (1,013 \times 18,31) = 81,78 \text{ mm}$$

$$X_{2,5} = 63,23 + (0,171 \times 18,31) = 66,36 \text{ mm}$$

$$X_{1,67} = 63,23 + (-0,419 \times 18,31) = 55,56 \text{ mm}$$

$$X_{1,25} = 63,23 + (-0,996 \times 18,31) = 44,99 \text{ mm}$$

### 3) Distribusi Probabilitas Log Normal

Nilai  $K_T$  didapat berdasarkan periode ulang tahun ( $T$ ) yaitu :

$T = 5$  tahun maka  $K_T = 0,84$  (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss)

$T = 2,5$  tahun maka  $K_T = 0,25$

$T = 1,67$  tahun maka  $K_T = -0,25$

$T = 1,25$  tahun maka  $K_T = -0,84$

$$\overline{\log X_i} = 1,79 \text{ mm}$$

$$S \log X = 0,118 \text{ mm}$$

Maka interval kelas yaitu :

$$\log X_T = \overline{\log X} + (K_T \times S \log X)$$

$$\log X_5 = 1,79 + (0,84 \times 0,118) = 1,88 \text{ mm} \quad X_5 = 75,86 \text{ mm}$$

$$\log X_{2,5} = 1,79 + (0,25 \times 0,118) = 1,82 \text{ mm} \quad X_{2,5} = 66,07 \text{ mm}$$

$$\log X_{1,67} = 1,79 + (-0,25 \times 0,118) = 1,76 \text{ mm} \quad X_{1,67} = 57,54 \text{ mm}$$

$$\log X_{1,25} = 1,79 + (-0,84 \times 0,118) = 1,69 \text{ mm} \quad X_{1,25} = 48,98 \text{ mm}$$

### 4) Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III

Nilai  $K_T$  dihitung berdasarkan nilai  $T$  dan nilai  $C_s$  atau  $C$  dari tabel kemecengan dengan  $C_s = 0,5$  didapat nilai  $K_T$  yang diinterpolasikan yaitu :

Untuk  $T = 2,5$  dilakukan interpolasi antara  $T = 2$  ( $K_T = -0,083$ ) dan  $T = 5$  ( $K_T = 0,808$ ).

$$\text{Jadi } T = 2,5 \text{ didapat } -0,083 + \frac{(0,808 - (-0,083))}{5-2} \times (2,5 - 2) = 0,06$$

Untuk  $T = 1,67$  dilakukan interpolasi antara  $T = 0$  ( $K_T = 0,0$ ) dan  $T = 2$  ( $K_T = -0,083$ ).

$$\text{Jadi } T = 1,67 \text{ didapat } 0 + \frac{(-0,083) - 0,0}{2-0} \times (1,67 - 0) = -0,7$$

Untuk  $T = 1,25$  dilakukan interpolasi antara  $T = 0$  ( $K_T = 0,0$ ) dan  $T = 2$  ( $K_T = -0,307$ ).

$$\text{Jadi } T = 1,25 \text{ didapat } 0 + \frac{(-0,083) - 0,0}{2-0} \times (1,25 - 0) = -0,05$$

Untuk  $T = 5$  maka didapat  $K_T = 0,84$

$T = 5$ tahun	maka $K_T = 0,84$
$T = 2,5$ tahun	maka $K_T = 0,06$
$T = 1,67$ tahun	maka $K_T = -0,07$
$T = 1,25$ tahun	maka $K_T = -0,05$

$$\overline{\log X_i} = 1,79 \text{ mm}$$

$$S \log X = 0,118 \text{ mm}$$

Maka interval kelas yaitu :

$$\log X_T = \overline{\log X} + (K_T \times S \log X)$$

$$\log X_5 = 1,79 + (0,84 \times 0,118) = 1,88 \text{ mm} \quad X_5 = 75,86 \text{ mm}$$

$$\log X_{2,5} = 1,79 + (0,06 \times 0,118) = 1,79 \text{ mm} \quad X_{2,5} = 61,66 \text{ mm}$$

$$\log X_{1,67} = 1,79 + (-0,07 \times 0,118) = 1,78 \text{ mm} \quad X_{1,67} = 60,25 \text{ mm}$$

$$\log X_{1,25} = 1,79 + (-0,05 \times 0,118) = 1,78 \text{ mm} \quad X_{1,25} = 60,25 \text{ mm}$$

#### f. Perhitungan nilai Chi – Kuadrat ( $X^2$ )

$$Ef = \frac{\text{Banyak data (n)}}{\text{Jumlah kelas}} = \frac{12}{5} = 2,4$$

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Tabel 4.12 Perhitungan nilai  $X^2$  untuk distribusi Normal

Kelas	Interval	Ef	Of	Of – Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	>78,61	2,4	2	-0,4	0,07
2	67,81 – 78,61	2,4	1	-1,4	0,82
3	58,65 – 67,81	2,4	5	2,6	2,82
4	47,85 – 58,65	2,4	2	-0,4	0,07
5	<47,85	2,4	2	-0,4	0,07
		12	12	$X^2$	4,48

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.13 Perhitungan nilai  $X^2$  untuk distribusi Gumbel

Kelas	Interval	Ef	Of	Of – Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	>81,78	2,4	2	-0,4	0,07
2	66,36 – 81,78	2,4	1	-1,4	0,82
3	55,56 – 66,36	2,4	5	2,6	2,82
4	44,99 – 55,56	2,4	3	0,6	0,15
5	<44,99	2,4	1	-1,4	0,82
		12	12	$X^2$	4,68

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.14 Perhitungan nilai  $X^2$  untuk distribusi Log Normal

Kelas	Interval	Ef	Of	Of – Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	>75,86	2,4	2	-0,4	0,07
2	66,07 – 75,86	2,4	1	-1,4	0,82
3	57,54 – 66,07	2,4	5	2,6	2,82
4	48,98 – 57,54	2,4	2	-0,4	0,07
5	<48,98	2,4	2	-0,4	0,07
		12	12	$X^2$	3,85

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.15 Perhitungan nilai  $X^2$  untuk distribusi Log Pearson Tipe III

Kelas	Interval	Ef	Of	Of – Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	>75,86	2,4	2	-0,4	0,07
2	61,66 – 75,86	2,4	4	1,6	1,07
3	60,25 – 61,66	2,4	1	-1,4	0,82
4	60,25 – 60,25	2,4	0	-2,4	2,4
5	<60,25	2,4	5	2,6	2,82
		12	12	$X^2$	7,18

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.16 Rekapitulasi nilai  $X^2$  dan  $X^2cr$

No.	Distribusi Probabilitas	$X^2$ hitung	$X^2cr$	Keterangan
1	Normal	4,48	5,991	Diterima
2	Gumbel	4,68	5,991	Diterima
3	<b>Log Normal</b>	<b>3,85</b>	<b>5,991</b>	<b>Diterima</b>
4	Log Pearson Tipe III	7,18	5,991	Ditolak

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.16 maka distribusi yang dipilih adalah distribusi Log Normal karena nilai  $X^2$  hitung(paling kecil)  $< X^2cr = 3,85 < 5,991$ , hujan rencana untuk periode ulang 2,5,10,25, 50 dan 100 tahun sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hujan rencana dengan distribusi Log Normal

No.	Hujan rencana (mm)	Periode ulang (tahun)	Peluang (%)
1	61,66	2	50
2	77,62	5	20
3	87,09	10	10
4	95,49	25	4
5	109,65	50	2
6	114,82	100	1

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.2.2 Metode SmirnovKolmogorof

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorof dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

##### a. Distribusi Probabilitas Normal

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas  $P(X_i)$  dengan rumus :

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1}$$

$$P(X_i) = \frac{1}{12+1} = 0,077$$

- 3) Menghitung nilai  $f(t)$

$$f(t) = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

$$= \frac{98,75 - 63,23}{18,31} = 1,94$$

- 4) Dari hasil  $f(t)$  lihat tabel luas wilayah dibawah kurva normal dengan  $t = 1,94$   
maka didapat luas = 0,9738

- 5) Menghitung  $P'(Xi) = 1 - point 4$

$$= 1 - 0,9738 = 0,0262$$

- 6) Menghitung  $(\Delta P) = P'(x) - Px$

$$\Delta P_1 = 0,0262 - 0,077 = -0,051$$

- 7) Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.18

- 8) Dari tabel perhitungan didapat  $\Delta P$  max = 0,194

- 9) Membandingkan  $\Delta P$  max dengan nilai kritis  $\Delta P_{kritis}$ . Untuk  $N = 12$  dan  $\alpha = 5\%$  dari tabel  $\Delta P$  kritis Smirnov-Kolmogorof didapat nilai  $\Delta P$  kritis = 0,392

- 10) Jadi  $\Delta P$  max (0,194) <  $\Delta P$  kritis (0,392)

Maka distribusi probabilitas Normal dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan.

Tabel 4.18 Perhitungan distribusi Normal metode Smirnov-Kolmogorof

No.	$X_i$ (mm)	$P(X_i)$	$F(t)$	Luas Kurva Normal	$P'(X_i)$	$\Delta P$
1	98.75	0.077	1.94	0.9738	0.0262	-0.051
2	97.25	0.154	1.86	0.9686	0.0314	-0.122
3	66.63	0.231	0.19	0.5753	0.4247	<b>0.194</b>
4	64.51	0.308	0.07	0.5279	0.4721	0.164
5	63.21	0.385	0.00	0.5	0.5	0.115
6	62.93	0.462	-0.02	0.492	0.508	0.046
7	61.43	0.538	-0.10	0.4602	0.5398	0.001
8	60.04	0.615	-0.17	0.4325	0.5675	-0.048
9	49.07	0.692	-0.77	0.2206	0.7794	0.087
10	48.92	0.769	-0.78	0.2177	0.7823	0.013
11	46.05	0.846	-0.94	0.1736	0.8264	-0.020
12	39.93	0.923	-1.27	0.102	0.898	-0.025

(Sumber : Perhitungan)

### b. Distribusi Probabilitas Gumbel

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar sampai yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas  $P(X_i)$  dengan rumus :

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1}$$

$$P(X_i) = \frac{1}{12+1} = 0,077$$

- 3) Menghitung nilai  $f(t)$

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{X - \bar{X}}{S} \\ &= \frac{98,75 - 63,23}{18,31} = 1,94 \end{aligned}$$

- 4) Dari Tabel dengan nilai  $N=12$  maka didapat Nilai ( $S_n$ ) = 0,9833 dan Nilai Reduced Mean ( $Y_n$ ) = 0,5035
- 5)  $Y_t$  diperoleh dari persamaan yaitu :

$$ft = \frac{Yt - Y_n}{S_n}$$

$$1,94 = \frac{Yt - 0,5035}{0,9833} \text{ maka } Y_t = (1,94 \times 0,9833) + 0,5035 = 2,4109$$

T diperoleh dari nilai  $Y_t$  hasil perhitungan point 5 dengan  $Y_t = 2,4109$  terletak antara periode ulang 10 tahun  $Y_t = 2,2504$  dan 20 tahun  $Y_t = 2,9702$ .

Maka,  $Y_t = 2,489$  di interpolasikan yaitu  $= 10 + \frac{2,4109 - 2,2504}{2,9702 - 2,2504} \times (20-10) = 12,2$  th

- 6) Menghitung  $P'(X_i) = 1/T$
- 7) Menghitung  $(\Delta P) = P'(X_i) - P(X_i)$
- 8) Berdasarkan **Tabel 4.19** dapat dilihat bahwa  $\Delta P_{\max} = 4.15$
- 9) Jika jumlah data 12 dan  $\alpha$  (derajat kepercayaan) = 5 % maka dari Tabel nilai  $\Delta P$  kritis Smirnov Kolmogorof didapat  $\Delta P = 0,392$
- 10) Jadi  $\Delta P$  maksimum (4.15)  $>$   $\Delta P$  kritis (0,392)

Maka distribusi probabilitas Gumbel **ditolak** untuk menganalisis data curah hujan.

Tabel 4.19 Perhitungan distribusi Gumbel metode Smirnov-Kolmogorof

No.	X <sub>i</sub> (mm)	P (X <sub>i</sub> )	f (t)	Y <sub>t</sub>	T	P'(X <sub>i</sub> )	ΔP
1	98.75	0,077	1.94	2.4109	12.2	0.08	0.00
2	97.25	0,154	1.86	2.3304	11.1	0.09	-0.064
3	66.63	0,231	0.19	0.6863	5.9	0.17	-0.061
4	64.51	0,308	0.07	0.5724	5.6	0.18	-0.13
5	63.21	0,385	0.00	0.5026	5.5	0.18	-0.21
6	62.93	0,462	-0.02	0.4876	5.4	0.19	0.27
7	61.43	0,538	-0.10	0.4071	5.2	0.19	0.35
8	60.04	0,615	-0.17	0.3324	5.01	0.2	-0.42
9	49.07	0,692	-0.77	-0.2566	0.6	1.7	1.01
10	48.92	0,769	-0.78	-0.2647	0.5	2	1.23
11	46.05	0,846	-0.94	-0.4188	0.2	5	<b>4.15</b>
12	39.93	0,923	-1.27	-0.7474	-0.6	-1.6	-2.52

(Sumber : Perhitungan)

### c. Distribusi Probabilitas Log Normal

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas P(X<sub>i</sub>) dengan rumus :

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1}$$

$$P(X_i) = \frac{1}{12+1} = 0,077$$

- 3) Menghitung nilai f (t)

$$f(t) = \frac{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X_i}}{S \text{ Log } X_i}$$

$$= \frac{1,99 - 1,79}{0,118} = 1,69$$

- 4) Dari hasil f (t) lihat tabel luas wilayah dibawah kurva normal dengan t = 1,86 maka didapat luas = 0,9545
- 5) Menghitung P'(X<sub>i</sub>) = 1 – point 4

$$= 1 - 0,9545 = 0,05$$

- 6) Menghitung  $(\Delta P) = P'(X_i) - P(X_i)$   
 $\Delta P_1 = 0,03 - 0,077 = -0,03$
- 7) Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada **Tabel 3.20**
- 8) Dari tabel perhitungan didapat  $\Delta P$  max = 0,17
- 9) Membandingkan  $\Delta P$  max dengan nilai kritis  $\Delta P$  kritis. Untuk  $N = 12$  dan  $\alpha = 5\%$  dari tabel  $\Delta P$  kritis Smirnov-Kolmogorof didapat nilai  $\Delta P$  kritis = 0,392
- 10) Jadi  $\Delta P$  max (0,17) <  $\Delta P$  kritis (0,392)

Maka distribusi probabilitas Log Normal dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan

Tabel 4.20 Perhitungan distribusi Log Normal metode Smirnov-Kolmogorof

No.	$X_i$ (mm)	Log ( $X_i$ )	$P(X_i)$	$f(t)$	Luas Kurva Normal	$P'(X_i)$	$\Delta P$
1	98.75	1.99	0.077	1.69	0.9545	0.05	-0.03
2	97.25	1.99	0.154	1.69	0.9545	0.05	-0.11
3	66.63	1.82	0.231	0.25	0.5987	0.40	<b>0.17</b>
4	64.51	1.81	0.308	0.17	0.879	0.12	-0.19
5	63.21	1.80	0.385	0.09	0.5359	0.46	0.08
6	62.93	1.80	0.462	0.08	0.5319	0.47	0.01
7	61.43	1.79	0.538	-0.01	0.504	0.50	-0.04
8	60.04	1.78	0.615	-0.10	0.4602	0.54	-0.08
9	49.07	1.69	0.692	-0.84	0.2005	0.80	0.11
10	48.92	1.69	0.769	-0.85	0.1977	0.80	0.03
11	46.05	1.66	0.846	-1.07	0.1423	0.86	0.01
12	39.93	1.60	0.923	-1.60	0.0548	0.95	0.02

(Sumber : Perhitungan)

#### d. Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil  
 2) Menghitung probabilitas  $P(X_i)$  dengan rumus :

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1}$$

$$P(X_i) = \frac{1}{12+1} = 0,077$$

- 3) Menghitung nilai  $f(t)$

$$f(t) = \frac{\text{Log } X_i - \bar{\text{Log } X_i}}{S \text{ Log } X_i}$$

$$= \frac{1,99 - 1,79}{0,118} = 1,69$$

- 4) Nilai  $P'X_i$  berdasarkan  $f_t = 1,86$  dengan menggunakan tabel 2.6 kemecengang Log Pearson tipe III  $C_s = 0,5$  dengan interpolasi diperoleh  $P'(X_i)$ .  $f_t = 1,69$  terletak antara periode ulang 10 tahun = 1,323 dan periode ulang 25 tahun = 1,910 dibuat dalam persen.

$$P'(X_i) = 10 + \frac{(1,69 - 1,323)}{(1,910 - 1,323)} \times (25-10) = 19,38$$

$$\text{Dalam persen} = 19,38/100 = 0,19$$

- 5)  $\Delta P = P'(X_i) - P(X_i)$   
 $= 0,19 - 0,077 = 0,11$
- 6) Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada **Tabel 3.21**
- 7) Berdasarkan **Tabel 3.21** dapat dilihat bahwa  $\Delta P_{\max} = 0,41$
- 8) Jika jumlah data ( $n$ ) = 12 dan  $\alpha = 5\%$  maka dari tabel nilai  $\Delta P$  kritis Smirnov- Kolmogorof didapat  $\Delta P = 0,392$
- 9) Jadi  $\Delta P$  maksimum (0,41)  $< \Delta P$  kritis (0,392)
- Maka, distribusi probabilitas Log Pearson Tipe III dapat ditolak untuk menganalisis data curah hujan.

Tabel 4.21 Distribusi Log Pearson Tipe III metode Smirnov-Kolmogorof

No.	$X_i$ (mm)	Log ( $X_i$ )	$P(X_i)$	$f(t)$	$P'(X_i)$	$\Delta P$
1	98.75	1.99	0,077	1.69	0,19	<b>0,41</b>
2	97.25	1.99	0,154	1.69	0,19	0,4
3	66.63	1.82	0,231	0.25	0,03	-0,2
4	64.51	1.81	0,308	0.17	0,03	-0,28
5	63.21	1.80	0,385	0.09	0,02	-0,36
6	62.93	1.80	0,462	0.08	0,02	-0,44
7	61.43	1.79	0,538	-0.01	0,02	-0,52
8	60.04	1.78	0,615	-0.10	0,01	-0,60
9	49.07	1.69	0,692	-0.84	-0,005	-0,69
10	48.92	1.69	0,769	-0.85	-0,006	-0,77
11	46.05	1.66	0,846	-1.07	-0,01	-0,86
12	39.93	1.60	0,923	-1.60	-0,03	-0,89

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.22 Rekapitulasi nilai  $\Delta P$  hitung dan  $\Delta P$  kritis

No.	Distribusi Probabilitas	$\Delta P$ hitung	$\Delta P$ kritis	Keterangan
1	Normal	0,194	0,392	Diterima
2	Gumbel	4.15	0,392	Ditolak
<b>3</b>	<b>Log Normal</b>	<b>0,17</b>	<b>0,392</b>	<b>Diterima</b>
4	Log Pearson Tipe III	0,41	0,392	Ditolak

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 3.22 maka distribusi yang dipilih adalah distribusi Log Pearson Tipe III karena nilai  $\Delta P$  hitung (paling kecil)  $< \Delta P$  kritis = 0,17  $< 0,382$ , hujan rencana untuk periode ulang 2,5,10,25, 50 dan 100 tahun sebagai berikut :

Tabel 4.23 Hujan rencana dengan distribusi Log Normal

No.	Hujan rencana (mm)	Periode ulang (tahun)	Peluang (%)
1	61,66	2	50
2	77,62	5	20
3	87,09	10	10
4	95,49	25	4
5	109,65	50	2
6	114,82	100	1

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.3 Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana dihitung berdasarkan data hujan rencana yang dilakukan dengan melihat hubungan banjir yang akan terjadi dengan distribusi curah hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Perhitungan debit banjir rencana Batang Lembang ini adalah dengan metode Empiris Melchior, Mononobe dan Haspers.

### 4.3.1 Metode Melchior

Data-data untuk perhitungan debit banjir dengan metode Melchioryang didapat dari peta Topografi yaitu:

Luas Catchment area (A)	= 101 km <sup>2</sup>
Panjang sungai efektif (L')	= 0,90 x 23 km = 20,7 km
Elevasi hulu sungai	= + 1989 mdpl
Elevasi hilir sungai yang di tinjau	=+ 427.00 mdpl

Beda tinggi elevasi sungai tertinggi dengan

$$\text{Beda Elevasi } (\Delta H) = 1562 \text{ m}$$

Langkah-langkah perhitungan metode Melchior yaitu :

- a. Menentukan nilai pengaliran ( $\alpha$ )

Pada umumnya nilai pengaliran ( $\alpha$ ) = 0,42 – 0,62, maka diambil  $\alpha= 0,62$

- b. Menentukan  $\beta$  dan kemiringan (S)

$$\begin{aligned} \text{Luas Elips Melchior (F)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot a \cdot b \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 18 \times 12 = 169,56 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Dimana; a = L catchment area pada peta topography didapat 36 cm

$$a = \frac{36 \times 50000}{100000} = 18 \text{ km}$$

$$b = 2/3 \times a = 2/3 \times 18 = 12 \text{ km}$$

$$= 0,6 \leq f_n/f \leq 0,9$$

$$= 101 / 169,56 = 0,59$$

Menghitung kemiringanrata-rata sungai (S) :

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1562}{20700} = 0,075 \text{ m}$$

Dengan nilai (F) = 169,56 km<sup>2</sup>, maka  $\beta_1$  dihitung dengan rumus :

$$F = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$$

$$169,56 = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$$

Diperoleh nilai  $\beta_1 = 0,8664$

- c. Coba-coba asumsikan nilai  $I_1$ , berdasarkan tabel 2.12 Perkiraan intensitas hujan harian Melchior dengan nilai  $F = 169,56 \text{ km}^2$ , maka dengan cara interpolasi dari tabel Melchior diperoleh nilai,

$$I_1 = 4,75 + \frac{4,00 - 4,75}{216 - 144} \times (169,56 - 144) = 4,48 \text{ m}^3/\text{dt/km}$$

- d. Menghitung debit ( $Q$ )

$$\begin{aligned} Q &= \beta_1 \times I_1 \times A \\ &= 0,8664 \times 4,48 \times 101 = 392,03 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

- e. Menghitung kecepatan ( $V$ )

$$\begin{aligned} V &= 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \\ &= 1,31 \times (392,03 \times 0,075^2)^{0,2} = 1,53 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

- f. Menghitung nilai  $t_c$

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{10 \times L}{36 \times V} = \frac{10 \times 20,7}{36 \times 1,53} \\ &= 3,75 \text{ jam} = 225 \text{ menit} \end{aligned}$$

- g. Menghitung nilai  $\beta_2$

Berdasarkan nilai  $F = 169,56 \text{ km}^2$ , dan nilai  $t_c = 3,75 \text{ jam}$ , maka lihat tabel 2.11 Persentase  $\beta_2$  menurut Melchior sehingga diperoleh  $\beta_2 = 53,5\%$ .

- h. Menghitung nilai  $\beta$

Sebelumnya diketahui  $\beta_1 = 0,8664$  maka didapat nilai,

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_1 \times \beta_2 \\ &= 0,8664 \times 0,53 = 0,46 \end{aligned}$$

- i. Menghitung  $I$  sebenarnya ( $I_2$ )

$$\begin{aligned} I &= \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{ maksimum}}{36 \times t_c} \quad \boxed{\text{Catatan : } R_{24} \text{ maks} = 200 \text{ mm}} \\ &= \frac{10 \times 0,46 \times 200}{36 \times 3,75} = 2,7 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2 \end{aligned}$$

- j. Bandingkan  $I$  coba-coba = 4,48 dan  $I$  hitung =  $6,8 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2$

Jadi,  $I_1 \neq I_2$

- k. Coba lagi  $I_1 = 6,9 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2$  kemudian perhitungan dimulai dari (point d) yaitu :

- Menghitung debit ( $Q$ )

$$\begin{aligned} Q &= \beta_1 \times I_1 \times A \\ &= 0,8664 \times 6,8 \times 101 = 595,04 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

- Menghitung kecepatan (V)

$$\begin{aligned}
 V &= 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \\
 &= 1,31 \times (595.04 \times 0,075^2)^{0,2} \\
 &= 1.67 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai  $t_c$

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{10 \times L}{36 \times V} = \frac{10 \times 20,7}{36 \times 1.67} \\
 &= 3.44 \text{ jam} = 206.4 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai  $\beta_2$

Berdasarkan nilai  $F = 169..56 \text{ km}^2$ , dan nilai  $t_c = 3.44 \text{ jam}$ , maka lihat tabel 2.9 Persentase  $\beta_2$  menurut Melchior sehingga diperoleh  $\beta_2 = 49.16\%$ .

- Menghitung nilai  $\beta$

Sebelumnya diketahui  $\beta_1 = 0,8664$  maka didapat nilai,

$$\beta = 0,8664 \times 0,49 = 0,42$$

- Menghitung I sebenarnya ( $I_2$ )

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{ maksimum}}{36 \times t_c} \\
 &= \frac{10 \times 0,42 \times 200}{36 \times 3,44} = 6.8 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2
 \end{aligned}$$

- Bandingkan I coba-coba = 6.8 dan I hitung =  $6.8 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2$

Jadi, setelah dilakukan perhitungan didapat  $I = 6.8 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2$ .

Untuk  $t_c = 206.4 \text{ menit}$ , besarnya koreksi 5% (lihat tabel 2.13 Penambahan presentase Melchior), maka :

$$I = 6.8 + (6.8 \times 0,05) = 7.14 \text{ m}^3/\text{dt/km}^2$$

1. Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = \alpha \times I \times A \times \frac{R_T}{200}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit banjir rencana (Q)} &= \alpha \times I \times A \times \frac{R_2}{200} \\
 &= 0,62 \times 7.14 \times 101 \times \frac{61,66}{200} \\
 &= 137.84 \text{ m}^3/\text{dt}.
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.24 Perhitungan debit banjir metode Melchior

No.	T	R <sub>T</sub> (mm)	A (km <sup>2</sup> )	I (m <sup>3</sup> /dt.km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dt)
1	2	61,66	101	7.14	137.87
2	5	77,62	101	7.14	173.52
3	10	87,09	101	7.14	194.69
4	25	95,49	101	7.14	221.24
5	50	109,65	101	7.14	254.05
6	100	114,82	101	7.14	266.03

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.3.2 Metode Mononobe

Analisis debit banjir rencana dengan metode sintetis empiris Mononobe dihitung dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q_T = \frac{\alpha \cdot I_T \cdot A}{3,6}$$

Dimana :

Q<sub>T</sub> = Debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu (m<sup>3</sup>/dt)

$\alpha$  = Koefisien pengaliran (tabel Mononobe)

I<sub>T</sub> = Intensitas hujan periode ulang tertentu (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

Data-data untuk perhitungan debit banjir dengan metode Mononobeyang didapat dari peta Topografi yaitu:

Luas Catchment area (A) = 101 km<sup>2</sup>

Panjang sungai efektif (L') = 0,9 x 23 = 20,7 km

Elevasi hulu sungai = + 1989 mdpl

Elevasi hilir yang di tinjau = + 427.00 mdpl

Beda tinggi elevasi sungai tertinggi dengan

Beda Elevasi ( $\Delta H$ ) = 1562m

Koefisien pengaliran ( $\alpha$ )= 0,70 (Pegunungan tersier) pada tabel 2.14

Langkah-langkah perhitungan metode Mononobe yaitu :

- Menghitung kemiringanrata-ratasungai (S)

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1562}{20700} = 0,075$$

- Menghitung kecepatan aliran (V)

$$\begin{aligned} V &= 72 \cdot (S)^{0,6} \\ &= 72 \times (0,075)^{0,6} = 15.22 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

- Menghitung waktu kosentrasi (t)

$$\begin{aligned} t &= \frac{L}{V} \\ &= \frac{20,7 \text{ km}}{15.22 \text{ km/jam}} = 1.36 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Menghitung intensitas hujan periode ulang 2 tahun

$$R_2 = 61,66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{R_2}{24} \times \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{61,66}{24} \times \left( \frac{24}{1,36} \right)^{2/3} = 17.41 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

- Menghitung debit banjir rencana (Q<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \frac{\alpha \cdot I_2 \cdot A}{3,6} \\ &= \frac{0,70 \times 17.41 \times 101}{3,6} = 341.91 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.25 Perhitungan debit banjir metode Mononobe

No.	T	R <sub>T</sub> (mm)	A (km <sup>2</sup> )	I (mm/jam)	Q (m <sup>3</sup> /dt)
1	2	61,66	101	17.41	341.91
2	5	77,62	101	21.92	430.58
3	10	87,09	101	24.59	482.92
4	25	95,49	101	26.97	529.66
5	50	109,65	101	30.97	608.22
6	100	114,82	101	32.43	636.89

(Sumber : Perhitungan)

### 4.3.3 Metode Haspers

Analisis debit banjir rencana dengan metode sintetis empiris Haspers dihitung dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q_T = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

Dimana :

$Q_T$  = Debit banjir rencana ( $m^3/dt$ )

$\alpha$  = Koefesien pengaliran (tabel Mononobe)

$q$  = Intensitas hujan yang diperhitungkan ( $m^3/dt/km^2$ )

$A$  = Luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

$\beta$  = Koefesien reduksi

Langkah-langkah perhitungan metode Haspers yaitu :

- a. Menghitung kemiringan Catchment area (S)

$$S = \frac{1562}{20700} = 0,075$$

- b. Menghitung koefesien Run Off

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{1+0,012 \cdot (A)^{0,7}}{1+0,075 \cdot (A)^{0,7}} \\ &= \frac{1+0,012 \cdot (101)^{0,7}}{1+0,075 \cdot (101)^{0,7}} = 0,45\end{aligned}$$

- c. Menghitung waktu kosentrasi

$$\begin{aligned}t_c &= 0,1 \times L^{0,8} \times (S)^{-0,3} \\ &= 0,1 \times (20,7)^{0,8} \times (0,075)^{-0,3} = 2,46 \text{ jam}\end{aligned}$$

- d. Menghitung curah hujan untuk lama hujan tertentu ( $t = t_c$ )

Untuk  $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$ , maka :

$$\begin{aligned}r &= \frac{t \cdot R_{24}}{t+1} \\ &= \frac{2,46 \times R_{24}}{2,46+1} = 0,71 R_{24}\end{aligned}$$

- e. Koefesien reduksi

$$\begin{aligned}\frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{1+3,7 \times 10^{(-0,4 \times t)}}{t^2+15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \\ \frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{1+3,7 \times 10^{(-0,4 \times 2,46)}}{2,46^2+15} \times \frac{101^{0,75}}{12} = 1,17\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{1}{1,17} = 0,85$$

f. Menghitung intensitas hujan periode ulang

$$q_n = \frac{r}{3,6 \cdot t}$$

$$= \frac{r}{3,6 \times 2,46} = \frac{r}{8,86}$$

g. Menghitung debit banjir rencana ( $Q_T$ )

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

$$= 0,45 \times 0,85 \times \frac{r}{8,86} \times 101$$

$$= (4,36) \cdot r$$

$$Q_T = 4,36 \times 0,88 \cdot R_{24}$$

Menghitung debit banjir periode ulang 2 tahun yaitu :

$$Q_2 = 4,36 \times r \cdot R_{24}$$

$$= 4,36 \times 0,71 \times 61,66$$

$$= 190,87 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.26 Perhitungan debit banjir metode Haspers

No.	T	$R_T$ (mm)	A ( $\text{km}^2$ )	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )
1	2	61,66	101	190,87
2	5	77,62	101	240,28
3	10	87,09	101	269,59
4	25	95,49	101	295,59
5	50	109,65	101	339,43
6	100	114,82	101	355,44

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.27 Rekapitulasi debit banjir rencana

No.	T	Metode Empiris ( $m^3/dt$ )		
		Melchior	Mononobe	Haspers
1	2	137.87	341.91	190.87
2	5	173.52	430.58	240.28
3	10	194.69	482.92	269.59
5	25	221.24	529.66	295.59
6	50	254.05	608.22	339.43
7	100	266.03	636.89	355.44

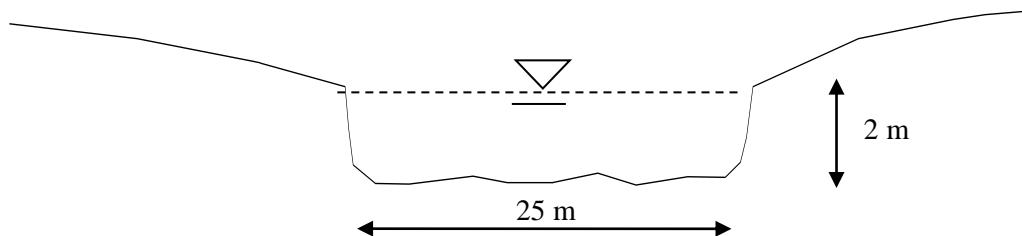
(Sumber : Perhitungan)

#### 4.3.4 Menghitung Debit Banjir Yang Terjadi Dilapangan

Untuk memilih debit banjir rencana digunakan metode pengamatan sebagai control terhadap hasil perhitungan debit banjir rencana yang diperolehdari data hujan (KP – 01 halaman 151). Langkah-langkah perhitungannya adalah dengan menanyakan kepada penduduk setempat atau dari tanda-tanda yang adadapat memberikan informasi mengenai tinggi banjir (h) yang sering terjadi. Konversiketerangan tentang tinggi banjir menjadi data debit banjir dihitung dengan rumushidrolik sebagai berikut :

Menghitung debit banjir dilapangan akibat curah hujan yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi air (h)} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Talud (m)} &= 1 : 1 \\
 \text{Lebar (b)} &= 25 \text{ m} \\
 \text{Kemiringan(I)} &= 0,0058 \\
 \text{Koef. Manning (n)} &= 0,03
 \end{aligned}$$



Gambar 4.2 : Potongan melintang penampang sungai

Langkah-langkah perhitungan debit banjir lapangan :

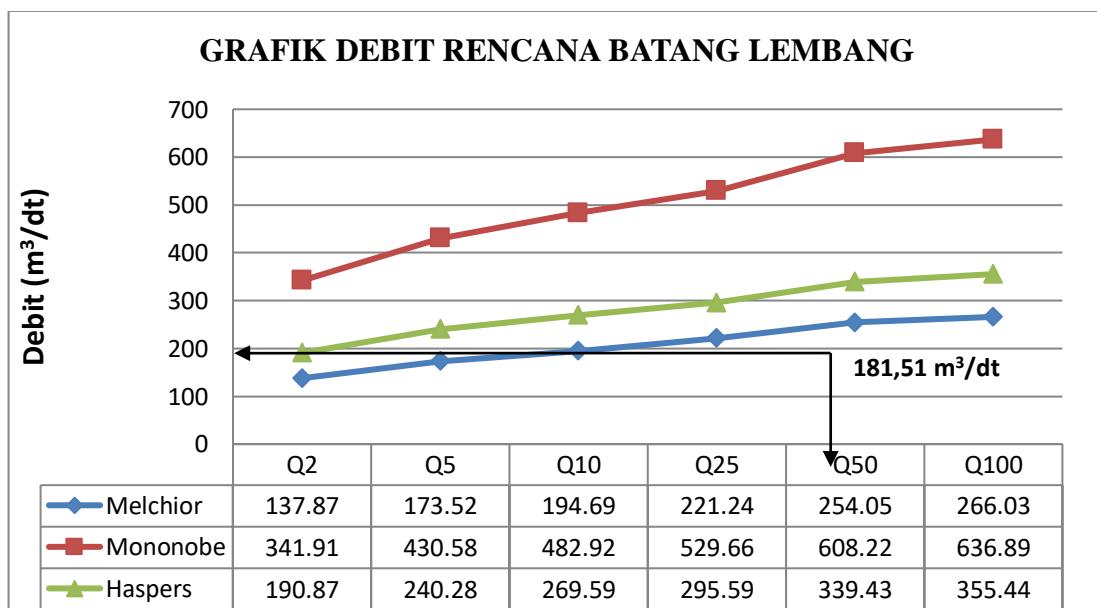
$$\begin{aligned}\text{Luas (A)} &= b \cdot h \\ &= 25 \times 2 \\ &= 50 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling (P)} &= b + 2 \cdot h \\ &= 25 + 2 \times 2 \\ &= 29 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{50}{29} = 1.72 \text{ m} \\ R^{2/3} &= 1.43 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= A \times V \\ &= 50 \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= 50 \times \frac{1}{0,03} \times 1.43 \times (0,0058)^{1/2} \\ &= 181,51 \text{ m}^3/\text{dt} \approx 194,69 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (metodemelchior } Q_{10}) \text{, sehingga debit banjir mendekati debit rencana Melchior.}\end{aligned}$$

maka dipakai debit banjir rencana Melchior  $Q_{50}$  untuk jagaan supaya lebih aman .Selanjutnya dibuat grafik perbandingan debit banjir dengan ketiga metode yang terlampirkan dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik perhitungan debit banjir rencana

Berdasarkan perhitungan debit banjir lapangan diatas, maka metode debit banjir rencana yang cocok adalah metoda melchior karena debit banjir lapangan mendekati  $Q_{50}$  pada metode melchior.

#### 4.4 Perhitungan Dimensi Penampang Batang Lembang

Dimensi penampang saluran untuk daerah hilir Batang Lembang direncanakan dengan menggunakan saluran Trapesiummajemuk. Direncanakan dengan trapesium adalah atas dasar dari kondisi sungai yang terdiri dari krikil dan pasir yang memudahkan terjadinya erosi.

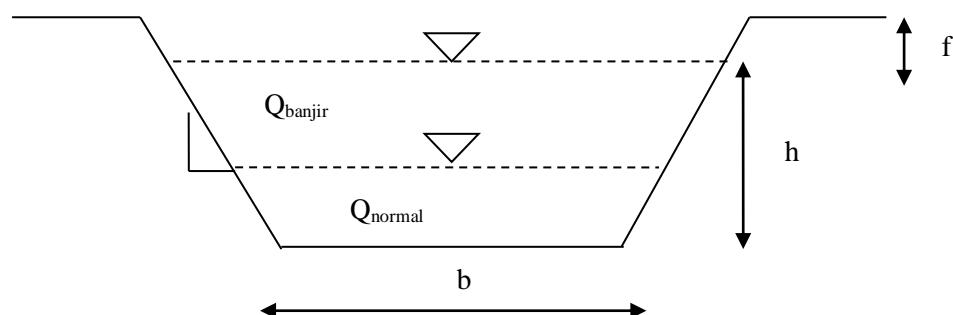
Tabel 4.28 Kriteria pemilihan kala ulang banjir

NO	JENIS BANGUNAN AIR	KALA ULANG BANJIR T (TAHUN)
1	Bendungan Urugan Tanah/Batu	1000
2	Bendungan Beton/Batu Kali	500-1000
3	Bendung	50-100
4	Saluran Pengelak Banjir	20-50
5	Tanggul Sungai	10-20
6	Drainase/ Irigasi	5-10

(Sumber : Ir. Suwanto M. Ms. Diktat Morfologi Sungai) Berdasarkan kriteria diatas, penulis mengambil  $Q_{\text{banjir}}$  adalah  $Q_{50\text{th}}$  dan  $Q_{\text{normal}}$  adalah  $Q_{2\text{th}}$ . Untuk  $Q_{\text{normal}}$ , penulis mengambil  $Q_{2\text{th}}$  karena dari hasil perhitungan, debit dominan yang akan melewati kawasan ini adalah  $Q_{2\text{th}}$ . Perkiraan/ peluang debit  $Q_{2\text{th}}$ , sebagai berikut :

$$\diamond P = 1/T \times 100\% = \frac{1}{2} \times 100\% = 50\%$$

Artinya bahwa dalam rentang waktu 2 tahun akan terjadi debit yang sama atau lebih besar dari debit yang dihitung dengan peluang terjadinya adalah 50%.



Gambar 4.4 Desain penampang Trapesium

Rumus :

Penampang Saluran Trapesium

$$Q = A \cdot V$$

$$A = (b + mh) \cdot h$$

$$P = b + 2 h \sqrt{1 + m^2}$$

$$R = A/P$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dimana :

Q = Debit ( $m^3/detik$ )

V = Kecepatan aliran rata-rata ( $m/detik$ )

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling basah (m)

m = Talud

A = Luas keliling basah ( $m^2$ )

I = Kemiringan saluran

#### 4.4.1 Perencanaan Dimensi Penampang

Data desain yaitu :

a. Penampang : Rencana aliran untuk  $Q_{50th} = 254,05 m^3/dtk$

b. kemiringan sungai pada lokasi studi (I) = 0,0058

Direncanakan yaitu :

Lebar (b) = 30 m

Koef. Manning (n) = 0,030

Talud (m) = 1 : 1

➤ Menghitung tinggi air (h) yaitu :

Tinggi  $h_1$  didapat dengan menggunakan cara *Trial and error* :

Pada  $h = 0,50$

- Menentukan luas penampang (A)

$$A = (b + m \cdot h) \cdot h = (30 + 1 \times 0.50) \times 0.50 = 15.25$$

- Menentukan keliling basah penampang (P)

$$P = b + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 30 + 2 \times 0,50 \times \sqrt{1 + 1^2} = 31,41$$

- Menentukan jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{15,25}{31,41} = 0,49$$

$$R^{2/3} = 0,62$$

- Menentukan kecepatan aliran rata-rata (V)

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = 33,33 \times 0,62 \times 0,076 = 1.56$$

- Nilai debit yang didapatkan pada  $h = 0,3$

$$Q = A \times V = 15.25 \times 1,56 = 23.79 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Nilai dengan cara *Trial And Error*

h (m)	A ( $\text{m}^2$ )	P (m)	$R^{2/3}$ (m)	$I^{1/2}$	V ( $\text{m/dt}$ )	Q ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )
0.50	15.25	31.41	0.62	0.076	1.56	23.79
1.00	31	32.82	0.96	0.076	2.44	75.59
1.50	47.25	34.23	1.24	0,076	3.14	148.38
2.00	64	35.64	1.48	0,076	3.74	239.51
2,10	67.41	35.92	1.52	0,076	3.85	259.79

(Sumber : Perhitungan)

Dari perhitungan di atas didapatkan tinggi  $h = 2,10 \text{ m}$ , sehingga :

$$A = (b + m.h).h$$

$$= (35 + 1 \times 2,10) \times 2,10$$

$$= 67,41 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2 h \sqrt{1 + m^2}$$

$$= 35 + 2 \times 2,10 \sqrt{1 + 1^2}$$

$$= 35,92 \text{ m}$$

$$R = A/P = \frac{67,41}{35,92} = 1,88 \text{ m}$$

$$R^{2/3} = 1,52 \text{ m}$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$= 1/0,030 \times 1,52 \times 0,0058^{1/2}$$

$$= 3,85 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= A \cdot V \\
 &= 67,41 \times 3,85 = 259,79 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 &= 259,79 \text{ m}^3/\text{dtk} > Q_{\text{desain}} = 254,05 \text{ m}^3/\text{dtk} \dots \text{ok!}
 \end{aligned}$$

Maka tinggi Penampang untuk  $Q_{\text{desain}} = 254,05 \text{ m}^3/\text{dtk}$  adalah ( $h = 2,10 \text{ m}$ .

Tinggi tanggul jagaan ( $f = 0,80 \text{ m}$  (Buku Sosrodarsono, 1995:87)

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi keseluruhan tanggul (H)} &= h + f \\
 &= 2,10 + 0,80 \\
 &= 2,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## 4.5 Perhitungan Perkuatan Tebing

### 4.5.1 Menghitung kedalaman Gerusan

Dalam pemasangan pasangan di dasar sungai perlu di perhitungkan kedalaman gerusan akibat debit yang lewat sehingga di peroleh angka aman penempatannya. Kedalaman gerusan diperkirakan dengan persamaan yang ditemukan oleh Lacey 1930 ( kp 02 halaman 104)

$$R = 0,47 (Q/f)^{1/3}$$

$$f = 1,76x \text{ dm}^{0,5}$$

$$y_{\text{ms}} = 0,47$$

dimana :

$R$  = kedalaman gerusan dibawah permukaan air banjir (m)

$dm$  = rata-rata diameter material dasar (mm)

$y_{\text{ms}}$  = Kedalaman gerusan dari muka air (m)

$$Q = 254,05 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$b = 30 \text{ m}$$

$$h = 2,90 \text{ m}$$

Diameter  $D_{50} = 0,35 \text{ mm}$

$$\text{Gerusan } f = 1,76 \times 0,35^{0,5}$$

$$f = 1,04$$

$$\begin{aligned}
 R &= 0,47 \times (Q/f)^{1/3} \\
 &= 0,47 \times (254,05 / 1,04)^{1/3} = 2,94 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi muka air (h) = 2,10 m

$$\text{Dalam gerusan} = R - h$$

$$= 2.94 - 2.10$$

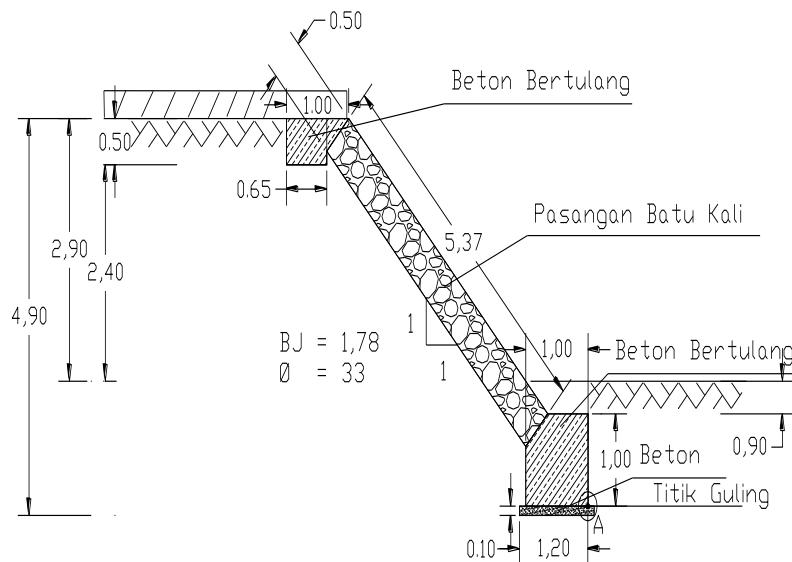
Sehingga dalam gerusan = 0.84 m  $\approx$  0,9 m

#### 4.5.2 Menghitung Stabilitas Perkuatan Tebing

Menghitung stabilitas perkuatan tebing bertujuan untuk memeriksa stabilitas perkuatan tebing terhadap guling dan geser serta memeriksa tegangan tanah yang timbul akibat gaya yang ditimbulkan oleh beban konstruksi.

Gaya-gaya yang berkerja antara lain :

1. Akibat Beban Sendiri
2. Akibat Gaya Gempa
3. Akibat Tekanan Tanah dan Beban Merata



Gambar 4.5 Detail Perkuatan Tebing dan Gerusan

Data-data kriteria perencanaan :

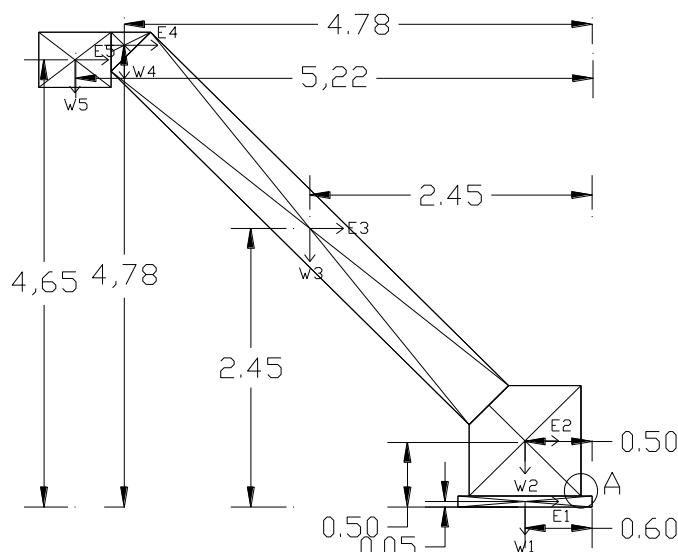
- a. Jenis Tanah = Pasir
- b. Berat Jenis Pasangan Batu =  $2.2 \text{ t/m}^3$
- c. Berat Jenis Beton =  $2.2 \text{ t/m}^3$
- d. Berat Jenis Beton Bertulang =  $2.4 \text{ t/m}^3$

- e. Berat Jenis Air( $\gamma_w$ ) = 1 t/m<sup>3</sup>
- f. Berat Jenis Tanah ( $\gamma_s$ ) = 1,78 kg/m<sup>3</sup>
- g. Sudut Geser Tanah ( $\phi$ ) = 33°
- h. Titik A = Titik Guling

(Sumber : Kriteria Perencanaan 06 Irigasi)

#### 4.5.2.1 Akibat Beban Sendiri dan akibat beban gempa

Berat sendiri perkuatan tebing adalah berat yang diakibatkan oleh bangunannya. Berat sendiri perkuatan tebing tergantung kepada bahan yang digunakan untuk membuat bangunan perkuatan tebing tersebut adalah beton bertulang dengan berat jenis  $\gamma = 2,4\text{t}/\text{m}^3$  dan pasangan batu kali dengan berat jenis  $\gamma = 2,2 \text{ t}/\text{m}^3$ .



Gambar 4.6 Akibat berat sendiri dan akibat beban gempa

Perhitungan pembebanan akibat beban sendiri :

$$\begin{aligned}
 > \text{Luas } W_1 &= P \times L \\
 &= 0,10 \times 1,2 \\
 &= 0,12 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 > \text{Luas } W_4 &= \frac{1}{2} \text{ Alas} \times \text{Tinggi} \\
 &= \frac{1}{2} 0,35 \times 0,50 \\
 &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 > \text{Besar Gaya } W_1 &= \text{Luas } W_1 \times \text{BJ Beton} \\
 &= 0,12 \times 2,2 \\
 &= 0,26
 \end{aligned}$$

Terhadap Titik A (Titik tumpu)

$$\begin{aligned}
 > \text{Panjang Lengan } W_1 &= 0,60 \text{ m (gambar 4.7)} \\
 > \text{Momen} &= \text{Gaya} \times \text{Panjang Lengan} \\
 &= 0,26 \times 0,60 = 0,16 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Selanjutnya ditabelkan tabel 4.30

GAYA	LUAS	$\Gamma$	BESAR GAYA	TERHADAP TITIK O	
				PANJANG LENGAN	MOMEN
	$m^2$	$t/m^3$	ton	m	t.m
W1	0,12	2,2	0,26	0,60	0,16
W2	1,69	2,4	4,06	0,50	2,03
W3	2,68	2,2	5,9	2,45	14,45
W4	0,08	2,4	0,19	4,78	4,97
W5	0,32	2,4	0,77	5,22	4,02
TOTAL			11,18		24,8

(Sumber : Perhitungan)

Gaya yang diakibatkan oleh gempa harus diperhitungkan terhadap kekuatan bangunan. Gaya gempa ini bekerja ke arah yang berbahaya dengan garis kerja melewati titik bangunan dalam mendatar. Pada Peta Zona Gempa Indonesia dapat dilihat pembagian wilayah gempa yang berbeda.

Koefisien gempa dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{ad}{q} \\
 ad &= Z \cdot ac \cdot V
 \end{aligned}$$

Dimana :

- K = Koefisien gempa
- ad = Percepatan gempa desain ( $m/dt^2$ )
- ac = Percepatan gempa dasar ( $m/dt^2$ )
- n = Faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat
- Z = Koefisien zona gempa
- q = Percepatan Gravitasi ( $980cm/dt^2$ )
- m = koefisien untuk jenis tanah

Diketahui :

$$n = 0,87 \text{ Lapisan}$$

$$m = 1,05 \text{ Diluvial}$$

$$ac = 90 \text{ Periodeulang 10tahun (Kp 06 Hal:70)}$$

$$Z = 1,2 \text{ ( gambar zone E)}$$

$$g = 981 \text{ cm/dt}^2$$

(Sumber : Kriteria perencanaan irigasi KP 06)

$$\begin{aligned} 1) ad &= n \times (ac \times Z)^m \\ &= 0,87 \times (90 \times 1,2)^{1,05} \\ &= 118,74 \text{ cm/dt}^2 \end{aligned}$$

$$2) E = \frac{ad}{g} = \frac{118,74}{981} = 0,12$$

$$3) \text{ Besargaya (W)} = 0,18 t$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ Gaya gempa} &= E \times W \\ &= 0,12 \times 0,26 \\ &= 0,03 t \end{aligned}$$

### 5) Terhadaptitik A

$$\begin{aligned} - \text{ PanjangLengan} &= 0,05 \text{ m} \\ - \text{ Momen} &= \text{Gaya gempa} \times \text{Panjanglengan} \\ &= 0,03 \times 0,05 \\ &= 0,001 t. \end{aligned}$$

Perhitungan Selanjutnya ditabelkan tabel 4.31

GAYA	KOEFISIEN GEMPA	GAYA BERAT	GAYA GEMPA	TERHADAP TITIK O	
				PANJANG	MOMEN
E1	0,12	0,26	0,03	0,05	0,001
E2	0,12	4,06	0,49	0,50	0,14
E3	0,12	5,9	0,71	2,45	1,74
E4	0,12	0,19	0,03	4,78	0,14
E5	0,12	0,77	0,09	4,65	0,42
TOTAL		11,18	1,35		2,44

(Sumber : Perhitungan)

#### 4.5.2.2 Akibat Tekanan Tanah dan Beban Merata

Gaya-gaya yang timbul akibat tekanan tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot L^2 \cdot K_a$$

Dimana :

$P$  = Gaya akibat tekanan tanah (t)

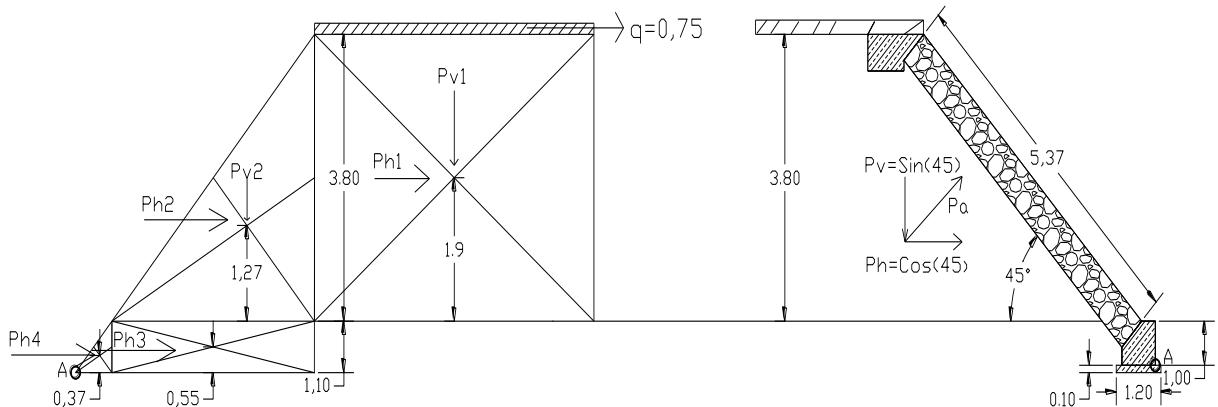
$K_a$  = Tekanan tanah aktif

$\gamma'$  = Berat jenis tanah efektif ( $t/m^3$ )

$\gamma_s$  = Berat jenis tanah ( $t/m^3$ )

$\gamma_w$  = Berat jenis air ( $t/m^3$ )

$A$  = Titik guling



Gambar 4.7 Akibat tekanan tanah dan beban merata

$$\begin{aligned} 1) \quad \gamma' &= \gamma_s - \gamma_w \\ &= 1,78 - 1 \\ &= 0,78 \end{aligned}$$

2) Tekanan tanah aktif

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45 - \phi/2) \\ &= \tan^2 (45 - 33/2) \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

### Menghitung Tekanan Tanah dan Beban Terbagi Rata

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow \phi = 33^\circ$$

$$\cos\alpha = 0,707$$

$$\sin\alpha = 0,707$$

$$\tan\alpha = 1$$

$$x_1 = \frac{1,9}{\tan\alpha} + 1 = \\ = \frac{1,9}{1} + 1 = 2,9 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{1,27}{\tan\alpha} + 1 = \\ = \frac{1,27}{1} + 1 = 2,27 \text{ m}$$

$$Pa1 = q \times h \times K_a \\ = 0,75 \times 3,80 \times 0,29 \\ = 0,83 \text{ ton}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \times \gamma' \times h^2 \times K_a \\ = \frac{1}{2} \times 0,78 \times 3,80^2 \times 0,29 \\ = 1,63 \text{ ton}$$

$$Ph1 = Pa1 \times \cos\alpha \\ = Pa1 \times \cos(45^\circ) \\ = 0,83 \times 0,707 \\ = 0,59 \text{ ton}$$

$$Pv1 = Pa1 \times \sin\alpha \\ = 0,83 \times \sin(45^\circ) \\ = 0,83 \times 0,707 \\ = 0,59 \text{ ton}$$

$$Ph_2 = Pa_2 \times \cos\alpha$$

$$= Pa_2 \times \cos(45^\circ)$$

$$= 1,63 \times 0,707$$

$$= 1,15 \text{ ton}$$

$$Pv_2 = Pa_2 \times \sin\alpha$$

$$= Pa_2 \times \sin(45^\circ)$$

$$= 1,63 \times 0,707$$

$$= 1,15 \text{ ton}$$

$$Ph_3 = \gamma' x h \times ka$$

$$= 0,78 \times 4,90 \times 0,29$$

$$= 1,11 \text{ ton}$$

$$Ph_4 = \frac{1}{2} \times \gamma' \times h^2 \times Ka$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,78 \times 1,10^2 \times 0,29$$

$$= 0,14 \text{ ton}$$

Perhitungan Selanjutnya ditabelkan tabel 4.32

no	momen	Gaya		lengan momen					momen tahan	momen guling
		V	h	x1	x2	y1	y2	y3		
1	ph1		0,59			1,9				1,21
2	p <sub>v1</sub>	0,59		1,27					1,1	
3	ph2		1,15				1,27			1,46
4	p <sub>v2</sub>	1,15			2,9				2,87	
5	ph3		1,11					0,55		0,61
6	ph4		0,14						0,37	0,05
Jumlah		1,74	2,99						3,97	3,33

(Sumber : Perhitungan)

Resume Perhitungan tabel 4.33

no	Uraian	BESAR GAYA		MOMEN	
		V	H	+	-
1	BERAT SENDIRI	11,18		24,8	
2	TEKANAN TANAH DAN BEBAN TERBAGI RATA	1,74	2,99	3,97	3,33
3	GAYA GEMPA		1,35		2,44
	JUMLAH	12,92	4,34	28,77	5,77

(Sumber : Perhitungan)

- Kontrol Terhadap Guling

$$\begin{aligned} Sf &= \frac{MT}{MG} \geq 1,5 \\ &= \frac{28,77}{5,77} \geq 1,5 = 4,9 \geq 1,5 \dots \text{OK! (Aman Terhadap Guling)} \end{aligned}$$

- Kontrol Terhadap Geser

$$\begin{aligned} Sf &= \frac{\sum V \times 0,7}{\sum H} \geq 1,5 \\ &= \frac{12,92 \times 0,7}{4,34} \geq 1,5 = 2,08 \geq 1,5 \dots \text{OK! (Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$