

## BAB IV

### PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

#### 4.1. Analisa hidrologi

Data hujan yang digunakan dalam kajian ini adalah data hujan yang berasal dari tiga stasiun hujan, stasiun yang digunakan adalah Stasiun Cibinong, Katulampa dan Klapanunggal.

Analisa hidrologi dalam studi ini dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang terjadi di Sungai Cileungsi. Hasil perhitungan debit banjir rancangan tersebut nantinya akan digunakan sebagai input data perhitungan profil aliran dalam program HEC-RAS dengan kala ulang 25 tahun. Untuk mendukung perhitungan debit banjir rancangan tersebut maka dilakukan analisa curah hujan terlebih dahulu.

##### 4.1.1. Analisa Curah Hujan Rerata Daerah

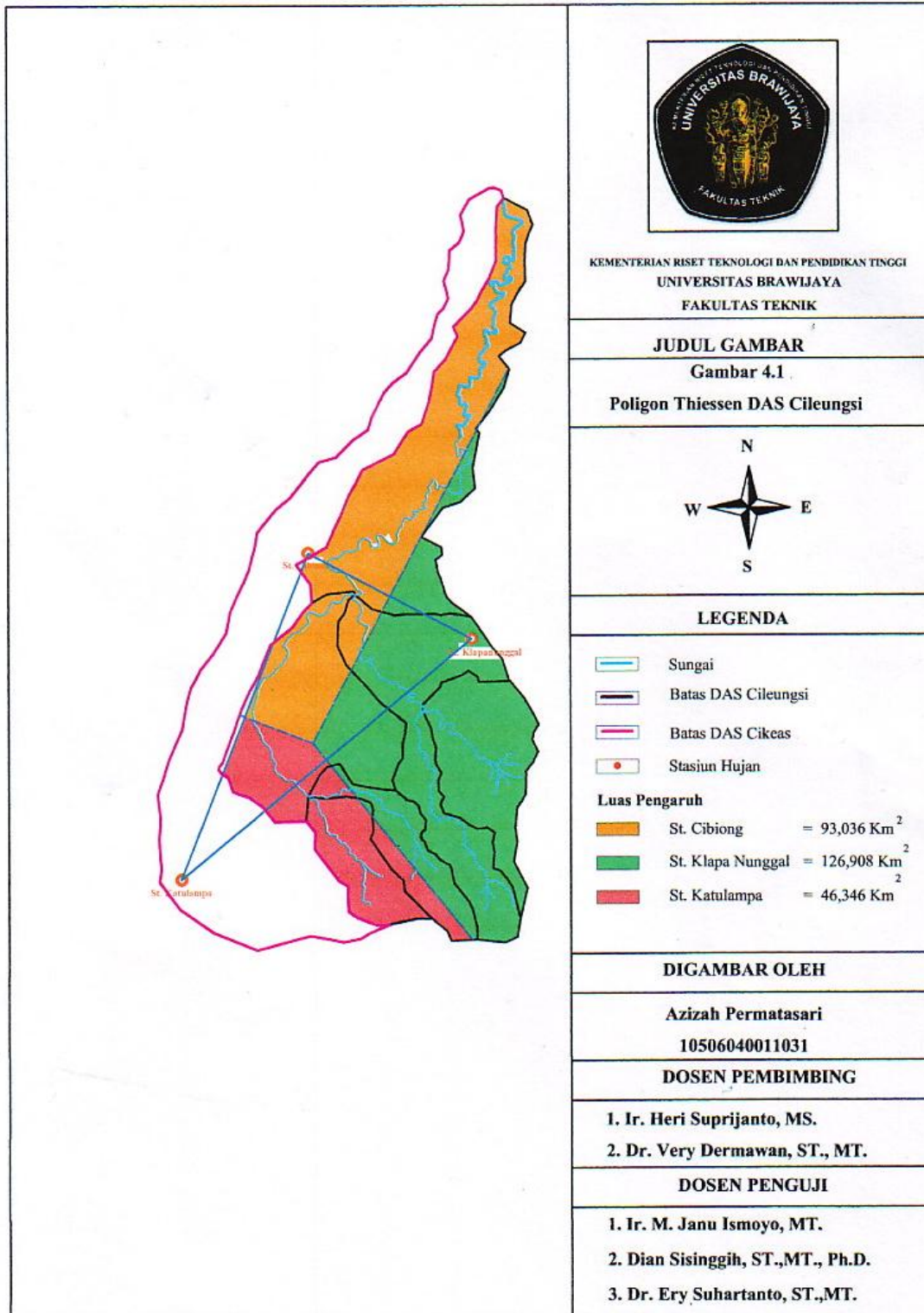
Melihat kondisi DAS Cileungsi dengan luas daerah kajian sebesar 266,147 km<sup>2</sup> atau 26600 ha, dengan letak stasiun hujan yang tidak merata maka untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan yaitu dengan poligon Thiessen.

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap penghubung antar pos penakar. Besarnya nilai ( $W_i$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perhitungan Nilai Bobot ( $W_i$ )

No	Stasiun hujan	Luas (Km <sup>2</sup> )	$W_i$
1	Klapanunggal	126.803	0.476
2	Cibinong	93.036	0.350
3	Katulampa	46.346	0.174
Jumlah		266.185	1.000

Sumber: Perhitungan



Tabel 4.2 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Metode Thiessen

No	Tahun	R.Wi	R.Wi	R.Wi	$(\bar{R})$
		S. Klapa Nunggal	Cibinong	Katulampa	
1	2002	32.393	40.544	29.425	102.362
2	2003	30.964	51.029	22.460	104.454
3	2004	28.582	39.845	18.978	87.405
4	2005	46.208	52.427	16.018	114.654
5	2006	32.870	30.408	12.362	75.640
6	2007	83.365	27.961	15.496	126.822
7	2008	67.168	46.136	16.018	129.323
8	2009	100.038	26.913	19.501	146.451
9	2010	52.877	26.214	25.246	104.337
10	2011	62.881	31.456	17.759	112.097

Sumber: Perhitungan

#### 4.1.2. Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Type III

Contoh perhitungan curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Type III untuk kala ulang 2 tahun adalah sebagai berikut:

$$1. \text{ Log Rr} = \frac{\sum \log X}{n}$$

$$= 2.036$$

$$2. \text{ Si} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\log X - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= 0.083$$

$$3. \text{ Cs} = \frac{n \sum_1^n (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s_i^3}$$

$$= -0.424$$

4. Sehingga hujan rancangan untuk kala ulang 2 tahun didapatkan

$$\text{Tr} = 2$$

$$\text{Pr} = (100/\text{Tr}) = 50$$

Untuk Cs = -0.424 dapat dicari nilai G yang didapat dari Tabel 2.2 nilai K untuk Distribusi Log Pearson III. Dengan cara interpolasi, didapatkan nilai G untuk masing-masing kala ulang (Tr) tertentu.

$$\text{Log R} = \text{Log Rr} + (G \times \text{Si})$$

$$= 2.036 + (0.724 \times 0.083)$$

$$= 2.096$$

$$\text{R} = 124.796 \text{ mm}$$

Tabel 4.3 Distribusi Log Pearson Type III

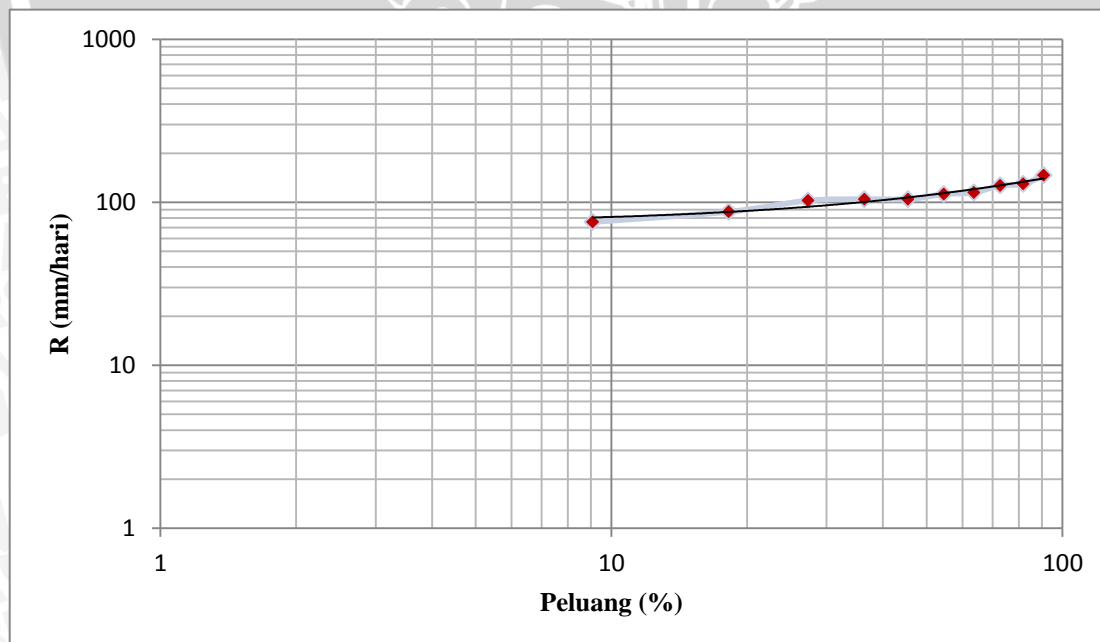
No	Tahun	Tinggi hujan (R)	P	Log R	$(\text{Log R} - \text{Log } R_{\text{rerata}})^2$	$(\text{Log R} - \text{Log } R_{\text{rerata}})^3$
1	2006	75.640	9.091	1.879	0.02464	-0.00387
2	2005	87.405	18.182	1.942	0.00887	-0.00084
3	2004	102.362	27.273	2.010	0.00066	-0.00002
4	2005	104.337	36.364	2.018	0.00030	-0.00001
5	2006	104.454	45.455	2.019	0.00028	0.00000
6	2007	112.097	54.545	2.050	0.00019	0.00000
7	2008	114.654	63.636	2.059	0.00056	0.00001
8	2009	126.822	72.727	2.103	0.00455	0.00031
9	2010	129.323	81.818	2.112	0.00577	0.00044
10	2011	146.451	90.909	2.166	0.01689	0.00219
Jumlah		1103.545		20.357	0.06271	-0.00178
Rerata		110.355		2.036	0.00627	-0.00018
Standar Deviasi (Si)		0.083				
Skewness (Cs)		-0.424				

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.4 Curah Hujan Rancangan tiap Kala Ulang

Tr	Pr %	G	G.Si	Log R rancangan	R rancangan
1.01	99	-2.632	-0.220	1.816	65.468
2	50	0.070	0.006	2.042	110.048
5	20	0.855	0.071	2.107	127.975
10	10	1.227	0.102	2.138	137.465
25	4	1.597	0.133	2.169	147.576
50	2	1.820	0.152	2.188	154.060
100	1	2.011	0.168	2.204	159.819

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.2 Grafik log Pearson Type III

#### 4.1.3. Uji Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui:

- Kebenaraan antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
- Kebenaraan hipotesa (diterima/ditolak)

Contoh perhitungan uji distribusi frekuensi

##### 1. Uji *Chi-Square*

Jumlah kelas distribusi (k) :

$$\begin{aligned} n &= 10 \\ k &= 1 + 3.322 \times \text{Log } n \\ &= 1 + 3.322 \times \text{Log } 10 \\ &= 3.322 \sim 4 \end{aligned}$$

Mencari batas kelas :

$$\text{Pr} = \frac{100}{4} = 25\%$$

Untuk mencari batas kelas pada nilai Pr selanjutnya dilakukan tahapan yang sama

Misal perhitungan kelas I :

$$\text{Nilai batas kelas} = 0.000-95.517$$

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi yang diharapkan (EF)} &= \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Jumlah Kelas}} = \frac{10}{4} \\ &= 2.5 \end{aligned}$$

$$\text{Frekuensi yang terjadi (OF)} = 2$$

$$((\text{OF}) - (\text{EF}))^2/\text{EF} = 0.1$$

$$\begin{aligned} \text{Akhirnya didapatkan : } X^2 \text{ hitung} &= \Sigma ((\text{OF}) - (\text{EF}))^2/\text{EF} \\ &= 0.4 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Uji *Chi-Square* Mencari Batas Kelas

No	Pr	G	S	Log R	AntiLog R
1	25	0.724	0.083	2.096	124.796
2	50	0.070	0.083	2.042	110.048
3	75	-0.667	0.083	1.980	95.517

No	Batas Kelas	Oj	Ej	(Oj-Ej) <sup>2</sup> /Ej
1	0.000-95.517	2	2.5	0.1
2	95.517-110.048	3	2.5	0.1
3	110.048-124.796	2	2.5	0.1
4	124.796~	3	2.5	0.1
Jumlah		10		0.4

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan Tabel 2.3 Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Square didapatkan  $\alpha = 5\%$  dan derajat bebas ( $V$ ) =  $4-1 = 3$  didapatkan  $X^2 = 7.815$ , maka  $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima.

## 2. Uji Smirnov Kolmogorof

Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data antara sebaran empiris dan sebaran teoritis yang dinyatakan dalam  $\Delta$ . Harga  $\Delta$  terbesar ( $\Delta_{maks}$ ) dibandingkan dengan  $\Delta_{cr}$  (dari Tabel 2.4 Smirnov Kolmogorof) dengan tingkat keyakinan  $\alpha$  tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika  $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$ , Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

$$R = 75.640$$

$$\text{Log } R = 1.879$$

$$\text{Log } Rr = 2.036$$

$$Si = 0.083$$

$$G = (\text{Log } R - \text{Log } Rr) / Si$$

$$= (1.879 - 2.036) / 0.083$$

$$= -1.881$$

$$Cs = -0.424$$

Pr didapatkan dari tabel, hubungan antara Cs, P dan G sehingga didapatkan:

$$Pr = 0.956$$

$$Px = 0.044$$

$$Sn = \frac{1}{(1+10)}$$

$$= 0.091$$

$$[ Sn - Px ] = 0.047$$

Perhitungan dilakukan sampai data terakhir, kemudian didapatkan  $\Delta$  maks yaitu sebesar 0.099 Dengan  $n = 10$  dan nilai  $\alpha = 5\%$  dari tabel didapatkan  $\Delta_{Cr}$  sebesar 0.41

Karena  $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$  maka disimpulkan bahwa data dapat diterima dan distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan untuk perhitungan curah hujan rancangan. Perhitungan selengkapnya disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Uji Distribusi Frekuensi Smirnov Kolmogorov

No	Tahun	Tinggi hujan (R)	Log R	Sn	Log R-Log Rr	G	Pr	Px	[Sn-Px]	
1	2006	75.640	1.879	0.091	-0.157	-1.881	0.956	0.044	0.047	
2	2005	87.405	1.942	0.182	-0.094	-1.128	0.862	0.138	0.044	
3	2004	102.362	2.010	0.273	-0.026	-0.307	0.628	0.372	0.099	
4	2005	104.337	2.018	0.364	-0.017	-0.207	0.594	0.406	0.042	
5	2006	104.454	2.019	0.455	-0.017	-0.201	0.592	0.408	0.047	
6	2007	112.097	2.050	0.545	0.014	0.166	0.463	0.537	0.009	
7	2008	114.654	2.059	0.636	0.024	0.283	0.418	0.582	0.055	
8	2009	126.822	2.103	0.727	0.067	0.808	0.218	0.782	0.055	
9	2010	129.323	2.112	0.818	0.076	0.910	0.185	0.815	0.004	
10	2011	146.451	2.166	0.909	0.130	1.557	0.011	0.989	0.079	
Jumlah			20.357	Dmax						0.099
Rerata			2.036							
Si			0.083							
Cs			-0.424							

Sumber: Perhitungan

#### 4.1.4. Analisa Debit Banjir Rancangan

##### 4.1.4.1. Koefisien Limpasan

Angka koefisien limpasan merupakan indikator apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik). Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Nilai C yang besar menunjukkan bahwa banyak air hujan yang menjadi limpasan.

Koefisien limpasan permukaan pada kajian ini dihitung berdasarkan pola penggunaan lahan. Karena tataguna lahan di DAS K. Cileungsi termasuk campuran, maka nilai tetapan C diberi bobot (*weighted*) untuk memperoleh nilai rata-rata tertimbang. Perhitungan selengkapnya disajikan dalam Tabel 4.7. berikut ini:

Tabel 4.7 Perhitungan Koefisien Limpasan (C) pada DAS Cileungsi

No	Penggunaan lahan	% Luas	C	C x %Luas
1	pemukiman	33.98	0.90	30.59
2	hutan	5.54	0.30	1.66
3	lawan terbuka	2.69	0.70	1.88
4	perkebunan	11.18	0.40	4.47
5	sawah	43.60	0.70	30.52
6	semak belukar	3.00	0.40	1.20
$\Sigma$				70.33

Sumber: Perhitungan

#### 4.1.4.2. Intensitas Hujan

##### a. Distribusi hujan jam-jaman

Pola distribusi hujan yang digunakan adalah pola distribusi hujan jam-jaman yang dikembangkan oleh Tadashi Tanimoto yang dapat digunakan di pulau Jawa. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 yang memperlihatkan kumulatif hujan untuk beberapa daerah. Berdasarkan kurva distribusi hujan-jaman di Pulau Jawa dapat diturunkan seperti berikut:

Tabel 2.6 Distribusi hujan di Jawa menurut Tadashi Tanimoto

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi	26	24	17	13	7	5.5	4	3.5
% Distribusi Kumulatif	26	50	67	80	87	92.5	96.5	100

Sumber: Triatmodjo (2010:272)

##### b. Curah Hujan Netto Jam-jaman.

Setelah didapatkan rasio hujan jam-jaman maka kemudian dapat dihitung besarnya hujan efektif jam-jamannya.

Tabel 4.8 Curah Hujan Netto Jam-jaman

Kala Ulang	(tahun)	1.01	2	5	10	25	50	100	200
R rencana	(mm)	65.47	110.05	127.97	137.47	147.58	154.06	159.82	165.05
C		0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Rn	(mm)	46.04	77.39	90.00	96.67	103.78	108.34	112.39	116.07
Jam ke-	Nisbah %								
1	0.260	11.97	20.12	23.40	25.14	26.98	28.17	29.22	30.18
2	0.240	11.05	18.57	21.60	23.20	24.91	26.00	26.97	27.86
3	0.170	7.83	13.16	15.30	16.43	17.64	18.42	19.11	19.73
4	0.130	5.99	10.06	11.70	12.57	13.49	14.08	14.61	15.09
5	0.070	3.22	5.42	6.30	6.77	7.26	7.58	7.87	8.12
6	0.055	2.53	4.26	4.95	5.32	5.71	5.96	6.18	6.38
7	0.040	1.84	3.10	3.60	3.87	4.15	4.33	4.50	4.64
8	0.035	1.61	2.71	3.15	3.38	3.63	3.79	3.93	4.06

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.1.5. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Pada kajian ini debit banjir rancangan dihitung dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetis nakayasu dengan pertimbangan :

- Metode Nakayasu adalah metode yang paling umum digunakan untuk menghitung banjir rancangan pada sungai-sungai besar.
- Dengan menggunakan metode ini maka kita dapat melihat hubungan curah hujan terhadap air larian dalam bentuk unit hidrograf.



Beberapa parameter yang digunakan antara lain :

1. Luas DAS (A) = 266.15 Km<sup>2</sup>
2. Panjang sungai (L) = 39.106 Km
3. Koef. Limpasan (C) = 0.70
4. Curah hujan satuan (Ro) = 1 mm
5.  $\alpha$  = 3
6. Besarnya base flow = 1.76 m<sup>3</sup>/det

Maka :

*Time lag* , tg(Sungai dengan panjang alur L > 15 Km) didapatkan dengan:

$$\begin{aligned} T_g &= 0.4 + (0.058 \times L) \\ &= 0.4 + (0.058 \times 39.106) \\ &= 2.67 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_r &= 0.75 \times T_g \\ &= 0.75 \times 2.67 \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + (0.8 \times T_r) \\ &= 2.67 + (0.8 \times 2) \\ &= 4.27 \sim 4 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{0.3} &= \alpha \times T_g \\ &= 8 \text{ jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan 2-13 maka besarnya debit puncak adalah:

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{A.R_o}{3.6 (0.3T_p + T_{0.3})} \\ &= \frac{266.15 \times 1}{3.6 ((0.3 \times 4) + 8)} \\ &= 7.96 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

## 1. Bagian lengkung naik

$$[0 \leq t \leq T_p] = [0 \leq t \leq 4]$$

$$Q_a = Q_p \left[ \frac{t}{T_p} \right]^{2,4}$$

$$Q_a = 7.96 \left[ \frac{t}{4} \right]^{2,4}$$

## 2. Bagian lengkung turun

$$a. [T_p \leq t \leq (T_p + T_{0.3})] = [4 \leq t \leq 12]$$

$$Q_d = Q_p x 0.3^{\frac{t-T_p}{T_{0.3}}}$$

$$Q_d = 7.96 x 0.3^{\frac{t-4}{8}}$$

$$b. [T_p + T_{0.3} \leq t \leq (T_p + 2.5T_{0.3})] = [12 \leq t \leq 24]$$

$$Q_d = Q_p x 0.3^{\frac{t-T_p+0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}}}$$

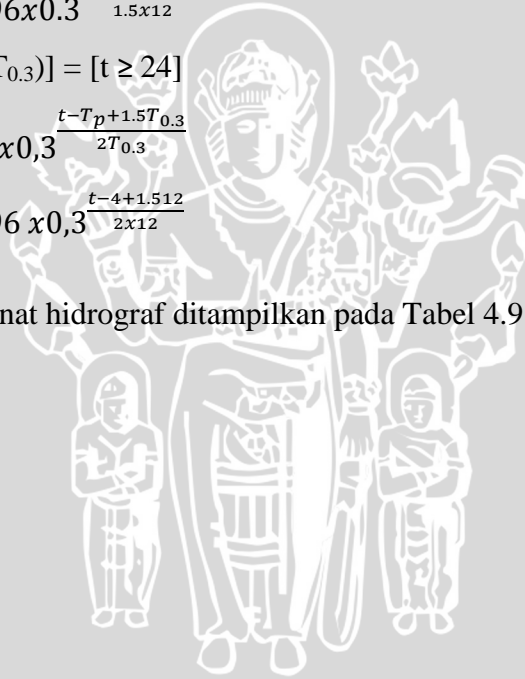
$$Q_d = 7.96 x 0.3^{\frac{t-4+(0.5x12)}{1.5x12}}$$

$$c. [t \geq (T_p + 2.5T_{0.3})] = [t \geq 24]$$

$$Q_d = Q_p x 0,3^{\frac{t-T_p+1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}}}$$

$$Q_d = 7.96 x 0,3^{\frac{t-4+1.512}{2x12}}$$

Perhitungan ordinat hidrograf ditampilkan pada Tabel 4.9 berikut:



Tabel 4.9 Perhitungan Ordinat HSS Nakayasu DAS Cileungsi

Waktu	$t/Tp$	$(t - Tp)$	$(t-Tp)/ T0,3$	$(t - Tp + 0,5 T0,3)/ 1,5 T0,3$	$(t - Tp + 1,5 T0,3)/ 2 .T0,3$	UH $m^3/dt/mm$	Keterangan
0	0.00	-4.27	-0.53	-0.02	0.48	0.000	<b>Qa</b>
1	0.24	-3.27	-0.41	0.06	0.55	0.244	
2	1.29	-2.27	-0.28	0.14	0.61	1.290	
3	3.41	-1.27	-0.16	0.23	0.67	3.415	
4	7.96	-0.27	-0.03	0.31	0.73	7.962	<b>Qp</b>
5	7.13	0.73	0.09	0.39	0.80	7.133	<b>Qd 1</b>
6	6.14	1.73	0.22	0.48	0.86	6.137	
7	5.28	2.73	0.34	0.56	0.92	5.280	
8	4.54	3.73	0.47	0.64	0.98	4.543	
9	3.91	4.73	0.59	0.73	1.05	3.908	
10	3.36	5.73	0.72	0.81	1.11	3.363	
11	2.89	6.73	0.84	0.89	1.17	2.893	
12	2.39	7.73	0.97	0.98	1.23	2.389	
13	2.22	8.73	1.09	1.06	1.30	2.221	<b>Qd 2</b>
14	2.01	9.73	1.22	1.14	1.36	2.009	
15	1.82	10.73	1.34	1.23	1.42	1.817	
16	1.64	11.73	1.47	1.31	1.48	1.644	
17	1.49	12.73	1.59	1.39	1.55	1.487	
18	1.35	13.73	1.72	1.48	1.61	1.345	
19	1.22	14.73	1.84	1.56	1.67	1.217	
20	1.10	15.73	1.97	1.64	1.73	1.101	
21	1.00	16.73	2.09	1.73	1.80	0.996	
22	0.90	17.73	2.22	1.81	1.86	0.901	
23	0.81	18.73	2.34	1.89	1.92	0.815	
24	0.72	19.73	2.47	1.98	1.98	0.717	
25	0.68	20.73	2.59	2.06	2.04	0.679	<b>Qd 3</b>
26	0.63	21.73	2.71	2.14	2.11	0.630	
27	0.58	22.73	2.84	2.23	2.17	0.584	
28	0.54	23.73	2.96	2.31	2.23	0.542	
29	0.50	24.73	3.09	2.39	2.29	0.502	
30	0.47	25.73	3.21	2.48	2.36	0.466	
31	0.43	26.73	3.34	2.56	2.42	0.432	
32	0.40	27.73	3.46	2.64	2.48	0.401	
33	0.37	28.73	3.59	2.73	2.54	0.372	
34	0.34	29.73	3.71	2.81	2.61	0.345	
35	0.32	30.73	3.84	2.89	2.67	0.320	
36	0.30	31.73	3.96	2.98	2.73	0.297	
37	0.28	32.73	4.09	3.06	2.79	0.275	
38	0.26	33.73	4.21	3.14	2.86	0.255	
39	0.24	34.73	4.34	3.23	2.92	0.237	
40	0.22	35.73	4.46	3.31	2.98	0.220	
41	0.20	36.73	4.59	3.39	3.04	0.204	
42	0.19	37.73	4.71	3.48	3.11	0.189	
43	0.18	38.73	4.84	3.56	3.17	0.175	
44	0.16	39.73	4.96	3.64	3.23	0.163	
45	0.15	40.73	5.09	3.73	3.29	0.151	
46	0.14	41.73	5.21	3.81	3.36	0.140	
47	0.13	42.73	5.34	3.89	3.42	0.130	
48	0.12	43.73	5.46	3.98	3.48	0.120	
49	0.11	44.73	5.59	4.06	3.54	0.112	
50	0.10	45.73	5.71	4.14	3.61	0.104	
51	0.10	46.73	5.84	4.23	3.67	0.096	
52	0.09	47.73	5.96	4.31	3.73	0.089	
53	0.08	48.73	6.09	4.39	3.79	0.083	
54	0.08	49.73	6.21	4.48	3.86	0.077	
55	0.07	50.73	6.34	4.56	3.92	0.071	

Lanjutan Tabel 4.9 Perhitungan Ordinat HSS Nakayasu DAS Cileungsi

Waktu	t/Tp	(t - Tp)	(t-Tp)/ T0,3	(t - Tp + 0,5. T0,3)/ 1,5 T0,3	(t - Tp + 1,5. T0,3)/ 2 .T0,3	UH	Keterangan
56	0.07	51.73	6.46	4.64	3.98	0.066	
57	0.06	52.73	6.59	4.73	4.04	0.061	
58	0.06	53.73	6.71	4.81	4.11	0.057	
59	0.05	54.73	6.84	4.89	4.17	0.053	
60	0.05	55.73	6.96	4.98	4.23	0.049	
61	0.05	56.73	7.09	5.06	4.29	0.045	
62	0.04	57.73	7.21	5.14	4.36	0.042	
63	0.04	58.73	7.34	5.22	4.42	0.039	
64	0.04	59.73	7.46	5.31	4.48	0.036	
65	0.03	60.73	7.59	5.39	4.54	0.034	
66	0.03	61.73	7.71	5.47	4.61	0.031	
67	0.03	62.73	7.84	5.56	4.67	0.029	
68	0.03	63.73	7.96	5.64	4.73	0.027	
69	0.02	64.73	8.09	5.72	4.79	0.025	
70	0.02	65.73	8.21	5.81	4.86	0.023	
71	0.02	66.73	8.34	5.89	4.92	0.021	
72	0.02	67.73	8.46	5.97	4.98	0.020	
73	0.02	68.73	8.59	6.06	5.04	0.018	
74	0.02	69.73	8.71	6.14	5.11	0.017	
75	0.02	70.73	8.84	6.22	5.17	0.016	
76	0.01	71.73	8.96	6.31	5.23	0.015	
77	0.01	72.73	9.09	6.39	5.29	0.014	
78	0.01	73.73	9.21	6.47	5.36	0.013	
79	0.01	74.73	9.34	6.56	5.42	0.012	
80	0.01	75.73	9.46	6.64	5.48	0.011	
81	0.01	76.73	9.59	6.72	5.54	0.010	
82	0.01	77.73	9.71	6.81	5.61	0.009	
83	0.01	78.73	9.84	6.89	5.67	0.009	
84	0.01	79.73	9.96	6.97	5.73	0.008	
85	0.01	80.73	10.09	7.06	5.79	0.007	
86	0.01	81.73	10.21	7.14	5.86	0.007	
87	0.01	82.73	10.34	7.22	5.92	0.006	
88	0.01	83.73	10.46	7.31	5.98	0.006	
89	0.01	84.73	10.59	7.39	6.04	0.006	
90	0.01	85.73	10.71	7.47	6.11	0.005	
91	0.00	86.73	10.84	7.56	6.17	0.005	
Jumlah						74.134	

Qd 3

Sumber: Hasil Perhitungan

Kontrol Hidrograf satuan:

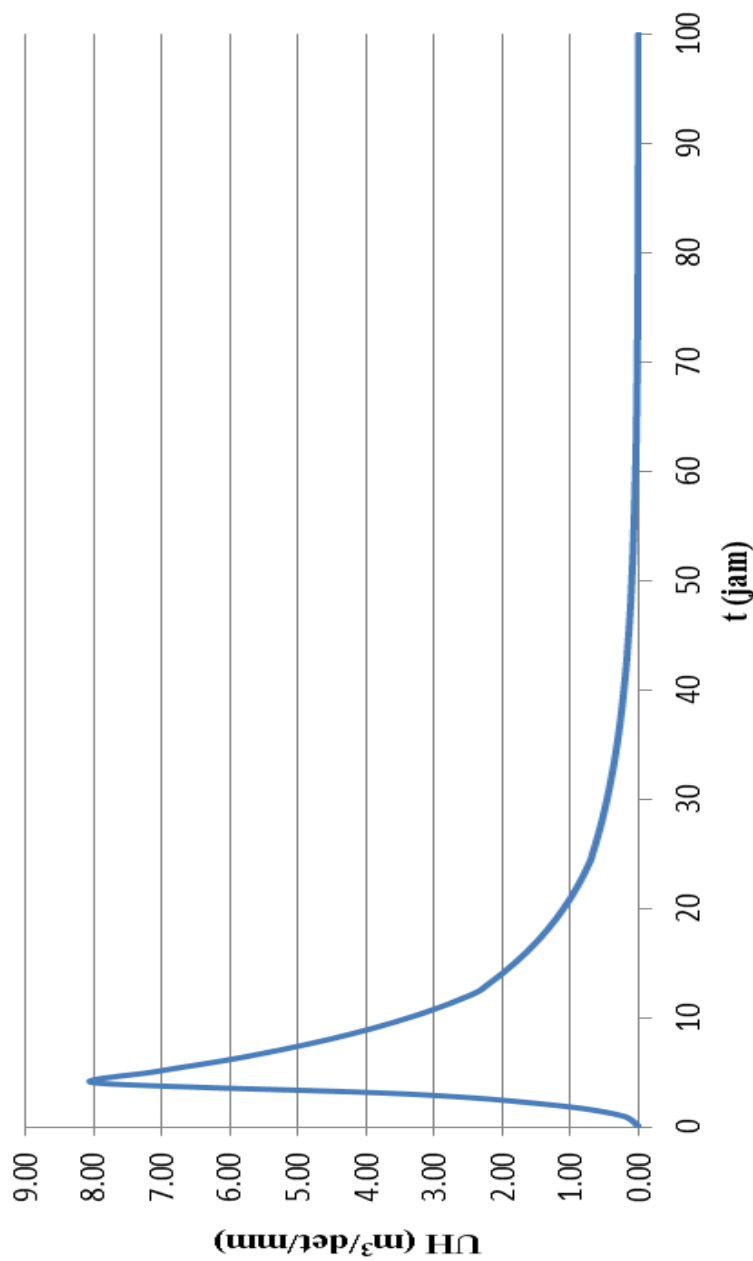
$$\text{Hujan efektif} = \frac{\text{Volume Hidrograf (m}^3\text{)}}{\text{Luas DAS m}^2} = 1\text{mm}$$

$$= \frac{74.134 \times 3600}{266.15 \times 1,000,000}$$

$$= 0,001\text{m}$$

$$= 1\text{mm (ok)}$$

**Grafik Ordinat HSS Nakayasu DAS Cileungsi**



Gambar 4.3 Grafik Ordinat HSS Nakayasu DAS Cileungsi  
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 1.01 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow m <sup>3</sup> /det	Q banjir m <sup>3</sup> /det
		11.97	11.05	7.83	5.99	3.22	2.53	1.84	1.61		
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	2.93	0.00							1.76	4.93
2	1.29	15.45	2.70	0.00						1.76	21.20
3	3.41	40.87	14.26	1.91	0.00					1.76	62.22
4	7.96	95.31	37.73	10.10	1.46	0.00				1.76	154.33
5	7.13	85.39	87.98	26.73	7.72	0.79	0.00			1.76	217.50
6	6.14	73.46	78.82	62.32	20.44	4.16	0.62	0.00		1.76	247.71
7	5.28	63.20	67.81	55.83	47.66	11.00	3.27	0.45	0.00	1.76	256.27
8	4.54	54.38	58.34	48.03	42.69	25.66	8.65	2.38	0.39	1.76	246.83
9	3.91	46.78	50.20	41.33	36.73	22.99	20.16	6.29	2.08	1.76	232.23
10	3.36	40.25	43.19	35.56	31.60	19.78	18.06	14.66	5.50	1.76	213.72
11	2.89	34.63	37.15	30.59	27.19	17.02	15.54	13.14	12.83	1.76	192.74
12	2.39	28.59	31.97	26.32	23.39	14.64	13.37	11.30	11.49	1.76	165.23
13	2.22	26.58	26.39	22.64	20.13	12.60	11.50	9.72	9.89	1.76	143.44
14	2.01	24.05	24.54	18.70	17.32	10.84	9.90	8.37	8.51	1.76	125.98
15	1.82	21.75	22.20	17.38	14.30	9.32	8.51	7.20	7.32	1.76	111.56
16	1.64	19.68	20.08	15.72	13.29	7.70	7.33	6.19	6.30	1.76	99.69
17	1.49	17.80	18.16	14.22	12.02	7.16	6.05	5.33	5.42	1.76	89.41
18	1.35	16.10	16.43	12.87	10.88	6.47	5.62	4.40	4.66	1.76	80.54
19	1.22	14.57	14.86	11.64	9.84	5.86	5.09	4.09	3.85	1.76	72.77
20	1.10	13.18	13.45	10.53	8.90	5.30	4.60	3.70	3.58	1.76	66.09
21	1.00	11.92	12.16	9.52	8.05	4.79	4.16	3.35	3.24	1.76	59.95
22	0.90	10.78	11.00	8.62	7.28	4.34	3.77	3.03	2.93	1.76	54.40
23	0.81	9.75	9.95	7.79	6.59	3.92	3.41	2.74	2.65	1.76	49.38
24	0.72	8.58	9.00	7.05	5.96	3.55	3.08	2.48	2.40	1.76	44.57
25	0.68	8.13	7.92	6.38	5.39	3.21	2.79	2.24	2.17	1.76	40.66
26	0.63	7.54	7.50	5.61	4.88	2.90	2.52	2.03	1.96	1.76	37.33
27	0.58	6.99	6.96	5.31	4.29	2.63	2.28	1.83	1.77	1.76	34.41
28	0.54	6.48	6.45	4.93	4.06	2.31	2.06	1.66	1.60	1.76	31.87
29	0.50	6.01	5.99	4.57	3.77	2.19	1.81	1.50	1.45	1.76	29.56
30	0.47	5.58	5.55	4.24	3.50	2.03	1.72	1.32	1.31	1.76	27.47
31	0.43	5.17	5.15	3.93	3.24	1.88	1.59	1.25	1.15	1.76	25.57
32	0.40	4.80	4.78	3.65	3.01	1.75	1.48	1.16	1.09	1.76	23.87
33	0.37	4.45	4.43	3.38	2.79	1.62	1.37	1.08	1.01	1.76	22.27
34	0.34	4.13	4.11	3.14	2.59	1.50	1.27	1.00	0.94	1.76	20.78
35	0.32	3.83	3.81	2.91	2.40	1.39	1.18	0.93	0.87	1.76	19.41
36	0.30	3.55	3.54	2.70	2.23	1.29	1.09	0.86	0.81	1.76	18.13
37	0.28	3.30	3.28	2.50	2.06	1.20	1.02	0.80	0.75	1.76	16.94
38	0.26	3.06	3.04	2.32	1.92	1.11	0.94	0.74	0.70	1.76	15.84
39	0.24	2.84	2.82	2.15	1.78	1.03	0.87	0.68	0.65	1.76	14.82
40	0.22	2.63	2.62	2.00	1.65	0.96	0.81	0.64	0.60	1.76	13.88
41	0.20	2.44	2.43	1.85	1.53	0.89	0.75	0.59	0.56	1.76	13.00
42	0.19	2.26	2.25	1.72	1.42	0.82	0.70	0.55	0.52	1.76	12.18
43	0.18	2.10	2.09	1.60	1.31	0.76	0.65	0.51	0.48	1.76	11.43
44	0.16	1.95	1.94	1.48	1.22	0.71	0.60	0.47	0.44	1.76	10.73
45	0.15	1.81	1.80	1.37	1.13	0.66	0.56	0.44	0.41	1.76	10.08
46	0.14	1.67	1.67	1.27	1.05	0.61	0.52	0.40	0.38	1.76	9.48
47	0.13	1.55	1.55	1.18	0.97	0.57	0.48	0.38	0.35	1.76	8.92
48	0.12	1.44	1.43	1.10	0.90	0.52	0.44	0.35	0.33	1.76	8.40

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.11 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow m <sup>3</sup> /det	Q banjir m <sup>3</sup> /det
		20.12	18.57	13.16	10.06	5.42	4.26	3.10	2.71		
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	4.92	0.00							1.76	6.92
2	1.29	25.96	4.54	0.00						1.76	33.56
3	3.41	68.71	23.97	3.22	0.00					1.76	101.07
4	7.96	160.21	63.42	16.98	2.46	0.00				1.76	252.79
5	7.13	143.53	147.89	44.92	12.98	1.32	0.00			1.76	359.55
6	6.14	123.49	132.49	104.76	34.35	6.99	1.04	0.00		1.76	411.02
7	5.28	106.24	113.99	93.85	80.11	18.50	5.49	0.76	0.00	1.76	425.98
8	4.54	91.41	98.07	80.74	71.77	43.13	14.53	3.99	0.66	1.76	410.62
9	3.91	78.64	84.38	69.47	61.74	38.64	33.89	10.57	3.50	1.76	386.50
10	3.36	67.66	72.59	59.77	53.12	33.25	30.36	24.65	9.25	1.76	355.77
11	2.89	58.21	62.46	51.42	45.70	28.60	26.12	22.08	21.57	1.76	320.82
12	2.39	48.06	53.73	44.24	39.32	24.61	22.47	19.00	19.32	1.76	274.91
13	2.22	44.69	44.37	38.06	33.83	21.17	19.34	16.35	16.62	1.76	238.40
14	2.01	40.42	41.25	31.43	29.11	18.22	16.64	14.06	14.30	1.76	209.19
15	1.82	36.57	37.31	29.22	24.03	15.67	14.31	12.10	12.30	1.76	185.10
16	1.64	33.08	33.75	26.43	22.34	12.94	12.31	10.41	10.59	1.76	165.26
17	1.49	29.92	30.53	23.91	20.21	12.03	10.17	8.96	9.11	1.76	148.09
18	1.35	27.07	27.62	21.63	18.28	10.88	9.45	7.39	7.84	1.76	133.27
19	1.22	24.48	24.98	19.56	16.54	9.84	8.55	6.87	6.47	1.76	120.29
20	1.10	22.15	22.60	17.70	14.96	8.91	7.74	6.22	6.02	1.76	109.14
21	1.00	20.04	20.44	16.01	13.53	8.06	7.00	5.63	5.44	1.76	98.90
22	0.90	18.12	18.49	14.48	12.24	7.29	6.33	5.09	4.92	1.76	89.63
23	0.81	16.39	16.73	13.10	11.07	6.59	5.73	4.60	4.45	1.76	81.25
24	0.72	14.42	15.13	11.85	10.02	5.96	5.18	4.16	4.03	1.76	73.23
25	0.68	13.66	13.31	10.72	9.06	5.39	4.69	3.77	3.64	1.76	66.68
26	0.63	12.67	12.61	9.43	8.20	4.88	4.24	3.41	3.30	1.76	61.11
27	0.58	11.75	11.70	8.93	7.21	4.41	3.83	3.08	2.98	1.76	56.24
28	0.54	10.90	10.85	8.28	6.83	3.88	3.47	2.79	2.70	1.76	52.00
29	0.50	10.11	10.06	7.68	6.33	3.68	3.05	2.52	2.44	1.76	48.14
30	0.47	9.38	9.33	7.13	5.88	3.41	2.89	2.22	2.21	1.76	44.67
31	0.43	8.70	8.66	6.61	5.45	3.16	2.68	2.10	1.94	1.76	41.50
32	0.40	8.07	8.03	6.13	5.06	2.93	2.49	1.95	1.84	1.76	38.66
33	0.37	7.48	7.45	5.69	4.69	2.72	2.31	1.81	1.71	1.76	35.98
34	0.34	6.94	6.91	5.28	4.35	2.52	2.14	1.68	1.58	1.76	33.50
35	0.32	6.44	6.41	4.89	4.03	2.34	1.98	1.56	1.47	1.76	31.20
36	0.30	5.97	5.94	4.54	3.74	2.17	1.84	1.44	1.36	1.76	29.07
37	0.28	5.54	5.51	4.21	3.47	2.01	1.71	1.34	1.26	1.76	27.09
38	0.26	5.14	5.11	3.91	3.22	1.87	1.58	1.24	1.17	1.76	25.26
39	0.24	4.77	4.74	3.62	2.99	1.73	1.47	1.15	1.09	1.76	23.55
40	0.22	4.42	4.40	3.36	2.77	1.61	1.36	1.07	1.01	1.76	21.98
41	0.20	4.10	4.08	3.12	2.57	1.49	1.26	0.99	0.93	1.76	20.51
42	0.19	3.80	3.79	2.89	2.38	1.38	1.17	0.92	0.87	1.76	19.15
43	0.18	3.53	3.51	2.68	2.21	1.28	1.09	0.85	0.80	1.76	17.89
44	0.16	3.27	3.26	2.49	2.05	1.19	1.01	0.79	0.75	1.76	16.72
45	0.15	3.04	3.02	2.31	1.90	1.10	0.94	0.73	0.69	1.76	15.64
46	0.14	2.82	2.80	2.14	1.76	1.02	0.87	0.68	0.64	1.76	14.63
47	0.13	2.61	2.60	1.98	1.64	0.95	0.80	0.63	0.60	1.76	13.70
48	0.12	2.42	2.41	1.84	1.52	0.88	0.75	0.59	0.55	1.76	12.84

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.12 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow m <sup>3</sup> /det	Q banjir m <sup>3</sup> /det
		23.40	21.60	15.30	11.70	6.30	4.95	3.60	3.15		
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	5.72	0.00							1.76	7.73
2	1.29	30.19	5.28	0.00						1.76	38.53
3	3.41	79.90	27.87	3.74	0.00					1.76	116.69
4	7.96	186.31	73.75	19.74	2.86	0.00				1.76	292.39
5	7.13	166.91	171.98	52.24	15.10	1.54	0.00			1.76	416.67
6	6.14	143.61	154.08	121.82	39.95	8.13	1.21	0.00		1.76	476.69
7	5.28	123.55	132.56	109.14	93.16	21.51	6.39	0.88	0.00	1.76	494.22
8	4.54	106.30	114.05	93.90	83.46	50.16	16.90	4.65	0.77	1.76	476.48
9	3.91	91.45	98.12	80.78	71.80	44.94	39.41	12.29	4.06	1.76	448.54
10	3.36	78.68	84.42	69.50	61.78	38.66	35.31	28.66	10.76	1.76	412.89
11	2.89	67.69	72.63	59.80	53.15	33.26	30.38	25.68	25.08	1.76	372.32
12	2.39	55.89	62.49	51.45	45.73	28.62	26.14	22.09	22.47	1.76	319.02
13	2.22	51.97	51.59	44.26	39.34	24.62	22.49	19.01	19.33	1.76	276.59
14	2.01	47.01	47.97	36.55	33.85	21.18	19.35	16.35	16.63	1.76	242.66
15	1.82	42.52	43.39	33.98	27.95	18.23	16.64	14.07	14.31	1.76	214.67
16	1.64	38.47	39.25	30.74	25.98	15.05	14.32	12.10	12.31	1.76	191.63
17	1.49	34.80	35.51	27.80	23.50	13.99	11.82	10.41	10.59	1.76	171.68
18	1.35	31.48	32.12	25.15	21.26	12.66	10.99	8.60	9.11	1.76	154.47
19	1.22	28.47	29.05	22.75	19.23	11.45	9.94	7.99	7.52	1.76	139.40
20	1.10	25.76	26.28	20.58	17.40	10.36	9.00	7.23	7.00	1.76	126.46
21	1.00	23.30	23.77	18.62	15.74	9.37	8.14	6.54	6.33	1.76	114.56
22	0.90	21.08	21.51	16.84	14.24	8.47	7.36	5.92	5.72	1.76	103.80
23	0.81	19.06	19.45	15.23	12.88	7.67	6.66	5.35	5.18	1.76	94.06
24	0.72	16.77	17.60	13.78	11.65	6.93	6.02	4.84	4.68	1.76	84.76
25	0.68	15.88	15.48	12.47	10.54	6.27	5.45	4.38	4.24	1.76	77.14
26	0.63	14.73	14.66	10.96	9.53	5.67	4.93	3.96	3.83	1.76	70.68
27	0.58	13.67	13.60	10.39	8.38	5.13	4.46	3.58	3.47	1.76	65.02
28	0.54	12.68	12.62	9.63	7.94	4.51	4.03	3.24	3.14	1.76	60.10
29	0.50	11.76	11.70	8.94	7.37	4.28	3.55	2.93	2.84	1.76	55.62
30	0.47	10.91	10.85	8.29	6.83	3.97	3.36	2.58	2.57	1.76	51.58
31	0.43	10.12	10.07	7.69	6.34	3.68	3.12	2.44	2.26	1.76	47.90
32	0.40	9.38	9.34	7.13	5.88	3.41	2.89	2.27	2.14	1.76	44.60
33	0.37	8.70	8.66	6.61	5.45	3.17	2.68	2.10	1.98	1.76	41.50
34	0.34	8.07	8.03	6.14	5.06	2.94	2.49	1.95	1.84	1.76	38.62
35	0.32	7.49	7.45	5.69	4.69	2.72	2.31	1.81	1.71	1.76	35.95
36	0.30	6.95	6.91	5.28	4.35	2.53	2.14	1.68	1.58	1.76	33.47
37	0.28	6.44	6.41	4.90	4.04	2.34	1.98	1.56	1.47	1.76	31.17
38	0.26	5.98	5.95	4.54	3.74	2.17	1.84	1.44	1.36	1.76	29.04
39	0.24	5.54	5.52	4.21	3.47	2.02	1.71	1.34	1.26	1.76	27.07
40	0.22	5.14	5.12	3.91	3.22	1.87	1.58	1.24	1.17	1.76	25.23
41	0.20	4.77	4.75	3.62	2.99	1.73	1.47	1.15	1.09	1.76	23.53
42	0.19	4.42	4.40	3.36	2.77	1.61	1.36	1.07	1.01	1.76	21.95
43	0.18	4.10	4.08	3.12	2.57	1.49	1.26	0.99	0.93	1.76	20.49
44	0.16	3.81	3.79	2.89	2.38	1.38	1.17	0.92	0.87	1.76	19.13
45	0.15	3.53	3.51	2.68	2.21	1.28	1.09	0.85	0.80	1.76	17.88
46	0.14	3.27	3.26	2.49	2.05	1.19	1.01	0.79	0.75	1.76	16.71
47	0.13	3.04	3.02	2.31	1.90	1.10	0.94	0.73	0.69	1.76	15.63
48	0.12	2.82	2.80	2.14	1.76	1.02	0.87	0.68	0.64	1.76	14.62

Sumber: Perhitungan



Tabel 4.13 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow	Q banjir
		25.14	23.20	16.43	12.57	6.77	5.32	3.87	3.38	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	6.14	0.00							1.76	8.15
2	1.29	32.43	5.67	0.00						1.76	41.16
3	3.41	85.82	29.94	4.02	0.00					1.76	124.96
4	7.96	200.13	79.22	21.21	3.07	0.00				1.76	313.35
5	7.13	179.29	184.73	56.12	16.22	1.65	0.00			1.76	446.91
6	6.14	154.25	165.50	130.85	42.91	8.73	1.30	0.00		1.76	511.45
7	5.28	132.71	142.39	117.23	100.06	23.11	6.86	0.95	0.00	1.76	530.35
8	4.54	114.18	122.50	100.86	89.65	53.88	18.16	4.99	0.83	1.76	511.35
9	3.91	98.24	105.40	86.77	77.13	48.27	42.34	13.20	4.37	1.76	481.38
10	3.36	84.52	90.68	74.66	66.36	41.53	37.93	30.79	11.55	1.76	443.13
11	2.89	72.71	78.02	64.23	57.09	35.73	32.63	27.58	26.94	1.76	399.59
12	2.39	60.04	67.12	55.26	49.12	30.74	28.07	23.73	24.14	1.76	342.37
13	2.22	55.82	55.42	47.54	42.26	26.45	24.15	20.42	20.77	1.76	296.81
14	2.01	50.49	51.53	39.26	36.36	22.75	20.78	17.57	17.87	1.76	260.37
15	1.82	45.68	46.61	36.50	30.02	19.58	17.88	15.11	15.37	1.76	230.32
16	1.64	41.32	42.16	33.02	27.91	16.16	15.38	13.00	13.22	1.76	205.58
17	1.49	37.38	38.14	29.87	25.25	15.03	12.70	11.19	11.38	1.76	184.17
18	1.35	33.81	34.50	27.02	22.84	13.59	11.81	9.24	9.79	1.76	165.70
19	1.22	30.58	31.21	24.44	20.66	12.30	10.68	8.59	8.08	1.76	149.52
20	1.10	27.67	28.23	22.11	18.69	11.12	9.66	7.77	7.51	1.76	135.62
21	1.00	25.03	25.54	20.00	16.91	10.06	8.74	7.03	6.80	1.76	122.85
22	0.90	22.64	23.10	18.09	15.29	9.10	7.91	6.36	6.15	1.76	111.30
23	0.81	20.48	20.90	16.36	13.83	8.23	7.15	5.75	5.56	1.76	100.85
24	0.72	18.01	18.90	14.80	12.51	7.45	6.47	5.20	5.03	1.76	90.86
25	0.68	17.06	16.63	13.39	11.32	6.74	5.85	4.71	4.55	1.76	82.68
26	0.63	15.83	15.75	11.78	10.24	6.10	5.29	4.26	4.12	1.76	75.74
27	0.58	14.68	14.61	11.16	9.01	5.51	4.79	3.85	3.72	1.76	69.67
28	0.54	13.62	13.55	10.35	8.53	4.85	4.33	3.48	3.37	1.76	64.38
29	0.50	12.63	12.57	9.60	7.91	4.59	3.81	3.15	3.05	1.76	59.57
30	0.47	11.71	11.66	8.90	7.34	4.26	3.61	2.77	2.76	1.76	55.24
31	0.43	10.87	10.81	8.26	6.81	3.95	3.35	2.62	2.42	1.76	51.29
32	0.40	10.08	10.03	7.66	6.31	3.67	3.11	2.43	2.30	1.76	47.75
33	0.37	9.35	9.30	7.10	5.86	3.40	2.88	2.26	2.13	1.76	44.42
34	0.34	8.67	8.63	6.59	5.43	3.15	2.67	2.09	1.98	1.76	41.33
35	0.32	8.04	8.00	6.11	5.04	2.93	2.48	1.94	1.83	1.76	38.46
36	0.30	7.46	7.42	5.67	4.67	2.71	2.30	1.80	1.70	1.76	35.80
37	0.28	6.92	6.89	5.26	4.34	2.52	2.13	1.67	1.58	1.76	33.33
38	0.26	6.42	6.39	4.88	4.02	2.33	1.98	1.55	1.46	1.76	31.05
39	0.24	5.95	5.92	4.52	3.73	2.17	1.83	1.44	1.36	1.76	28.92
40	0.22	5.52	5.50	4.20	3.46	2.01	1.70	1.33	1.26	1.76	26.96
41	0.20	5.12	5.10	3.89	3.21	1.86	1.58	1.24	1.17	1.76	25.13
42	0.19	4.75	4.73	3.61	2.98	1.73	1.46	1.15	1.08	1.76	23.44
43	0.18	4.41	4.39	3.35	2.76	1.60	1.36	1.06	1.00	1.76	21.87
44	0.16	4.09	4.07	3.11	2.56	1.49	1.26	0.99	0.93	1.76	20.41
45	0.15	3.79	3.77	2.88	2.38	1.38	1.17	0.92	0.86	1.76	19.06
46	0.14	3.52	3.50	2.67	2.20	1.28	1.08	0.85	0.80	1.76	17.81
47	0.13	3.26	3.25	2.48	2.04	1.19	1.01	0.79	0.74	1.76	16.64
48	0.12	3.03	3.01	2.30	1.90	1.10	0.93	0.73	0.69	1.76	15.57

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.14 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow	Q banjir
		26.98	24.91	17.64	13.49	7.26	5.71	4.15	3.63	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	6.60	0.00							1.76	8.60
2	1.29	34.82	6.09	0.00						1.76	43.96
3	3.41	92.14	32.14	4.31	0.00					1.76	133.77
4	7.96	214.85	85.05	22.77	3.30	0.00				1.76	335.69
5	7.13	192.48	198.32	60.24	17.41	1.78	0.00			1.76	479.12
6	6.14	165.60	177.67	140.48	46.07	9.37	1.40	0.00		1.76	548.49
7	5.28	142.47	152.86	125.85	107.42	24.81	7.37	1.01	0.00	1.76	568.84
8	4.54	122.58	131.52	108.28	96.24	57.84	19.49	5.36	0.89	1.76	548.49
9	3.91	105.46	113.15	93.16	82.80	51.82	45.45	14.17	4.69	1.76	516.37
10	3.36	90.73	97.35	80.15	71.24	44.58	40.72	33.05	12.40	1.76	475.35
11	2.89	78.06	83.75	68.96	61.29	38.36	35.03	29.61	28.92	1.76	428.64
12	2.39	64.45	72.06	59.33	52.73	33.00	30.14	25.48	25.91	1.76	367.25
13	2.22	59.93	59.50	51.04	45.37	28.39	25.93	21.92	22.29	1.76	318.35
14	2.01	54.21	55.32	42.14	39.03	24.43	22.31	18.86	19.18	1.76	279.24
15	1.82	49.04	50.04	39.18	32.23	21.02	19.19	16.22	16.50	1.76	247.00
16	1.64	44.36	45.26	35.44	29.96	17.35	16.51	13.96	14.20	1.76	220.46
17	1.49	40.13	40.95	32.06	27.10	16.13	13.63	12.01	12.21	1.76	197.48
18	1.35	36.30	37.04	29.00	24.52	14.59	12.68	9.92	10.51	1.76	177.66
19	1.22	32.83	33.50	26.24	22.18	13.20	11.47	9.22	8.68	1.76	160.30
20	1.10	29.70	30.31	23.73	20.06	11.94	10.37	8.34	8.07	1.76	145.39
21	1.00	26.87	27.42	21.47	18.15	10.80	9.38	7.54	7.30	1.76	131.68
22	0.90	24.30	24.80	19.42	16.42	9.77	8.49	6.82	6.60	1.76	119.29
23	0.81	21.99	22.43	17.57	14.85	8.84	7.68	6.17	5.97	1.76	108.07
24	0.72	19.34	20.29	15.89	13.43	8.00	6.95	5.58	5.40	1.76	97.36
25	0.68	18.32	17.85	14.37	12.15	7.23	6.28	5.05	4.89	1.76	88.59
26	0.63	16.99	16.91	12.64	10.99	6.54	5.68	4.57	4.42	1.76	81.14
27	0.58	15.76	15.68	11.98	9.67	5.92	5.14	4.13	4.00	1.76	74.62
28	0.54	14.62	14.55	11.11	9.16	5.21	4.65	3.74	3.62	1.76	68.95
29	0.50	13.56	13.49	10.30	8.50	4.93	4.09	3.38	3.27	1.76	63.79
30	0.47	12.58	12.52	9.56	7.88	4.57	3.87	2.97	2.96	1.76	59.14
31	0.43	11.67	11.61	8.87	7.31	4.24	3.59	2.82	2.60	1.76	54.90
32	0.40	10.82	10.77	8.22	6.78	3.94	3.33	2.61	2.47	1.76	51.10
33	0.37	10.04	9.99	7.63	6.29	3.65	3.09	2.42	2.29	1.76	47.53
34	0.34	9.31	9.26	7.07	5.83	3.39	2.87	2.25	2.12	1.76	44.21
35	0.32	8.63	8.59	6.56	5.41	3.14	2.66	2.09	1.97	1.76	41.13
36	0.30	8.01	7.97	6.09	5.02	2.91	2.47	1.93	1.83	1.76	38.28
37	0.28	7.43	7.39	5.65	4.65	2.70	2.29	1.79	1.69	1.76	35.64
38	0.26	6.89	6.86	5.24	4.32	2.51	2.12	1.66	1.57	1.76	33.18
39	0.24	6.39	6.36	4.86	4.00	2.32	1.97	1.54	1.46	1.76	30.91
40	0.22	5.93	5.90	4.51	3.71	2.16	1.83	1.43	1.35	1.76	28.79
41	0.20	5.50	5.47	4.18	3.45	2.00	1.69	1.33	1.25	1.76	26.84
42	0.19	5.10	5.08	3.88	3.20	1.86	1.57	1.23	1.16	1.76	25.02
43	0.18	4.73	4.71	3.60	2.96	1.72	1.46	1.14	1.08	1.76	23.33
44	0.16	4.39	4.37	3.33	2.75	1.60	1.35	1.06	1.00	1.76	21.77
45	0.15	4.07	4.05	3.09	2.55	1.48	1.25	0.98	0.93	1.76	20.32
46	0.14	3.78	3.76	2.87	2.37	1.37	1.16	0.91	0.86	1.76	18.98
47	0.13	3.50	3.49	2.66	2.19	1.27	1.08	0.85	0.80	1.76	17.73
48	0.12	3.25	3.23	2.47	2.04	1.18	1.00	0.78	0.74	1.76	16.57

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.15 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow	Q banjir
		28.17	26.00	18.42	14.08	7.58	5.96	4.33	3.79	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	6.89	0.00							1.76	8.89
2	1.29	36.35	6.36	0.00						1.76	45.76
3	3.41	96.18	33.55	4.50	0.00					1.76	139.41
4	7.96	224.29	88.79	23.77	3.44	0.00				1.76	350.01
5	7.13	200.94	207.04	62.89	18.17	1.85	0.00			1.76	499.78
6	6.14	172.88	185.48	146.65	48.09	9.79	1.46	0.00		1.76	572.24
7	5.28	148.73	159.58	131.38	112.14	25.90	7.69	1.06	0.00	1.76	593.52
8	4.54	127.96	137.29	113.03	100.47	60.39	20.35	5.59	0.93	1.76	572.31
9	3.91	110.09	118.12	97.25	86.44	54.10	47.45	14.80	4.89	1.76	538.81
10	3.36	94.72	101.63	83.67	74.37	46.54	42.51	34.51	12.95	1.76	496.01
11	2.89	81.49	87.43	71.98	63.98	40.04	36.57	30.91	30.19	1.76	447.27
12	2.39	67.29	75.22	61.93	55.05	34.45	31.46	26.60	27.05	1.76	383.20
13	2.22	62.56	62.11	53.28	47.36	29.64	27.07	22.88	23.27	1.76	332.16
14	2.01	56.59	57.75	44.00	40.75	25.50	23.29	19.69	20.02	1.76	291.35
15	1.82	51.19	52.24	40.90	33.64	21.94	20.04	16.94	17.23	1.76	257.69
16	1.64	46.31	47.25	37.00	31.28	18.12	17.24	14.57	14.82	1.76	229.99
17	1.49	41.89	42.74	33.47	28.30	16.84	14.23	12.54	12.75	1.76	206.01
18	1.35	37.89	38.67	30.28	25.60	15.24	13.23	10.35	10.97	1.76	185.33
19	1.22	34.28	34.98	27.39	23.15	13.78	11.97	9.62	9.06	1.76	167.21
20	1.10	31.01	31.64	24.78	20.94	12.47	10.83	8.71	8.42	1.76	151.65
21	1.00	28.05	28.62	22.41	18.95	11.28	9.80	7.88	7.62	1.76	137.35
22	0.90	25.37	25.89	20.27	17.14	10.20	8.86	7.12	6.89	1.76	124.41
23	0.81	22.95	23.42	18.34	15.50	9.23	8.02	6.44	6.23	1.76	112.71
24	0.72	20.19	21.19	16.59	14.02	8.35	7.25	5.83	5.64	1.76	101.53
25	0.68	19.12	18.63	15.01	12.69	7.55	6.56	5.27	5.10	1.76	92.37
26	0.63	17.74	17.65	13.20	11.48	6.83	5.93	4.77	4.61	1.76	84.60
27	0.58	16.45	16.37	12.50	10.09	6.18	5.37	4.32	4.17	1.76	77.80
28	0.54	15.26	15.19	11.60	9.56	5.43	4.85	3.90	3.78	1.76	71.87
29	0.50	14.15	14.09	10.76	8.87	5.15	4.27	3.53	3.42	1.76	66.49
30	0.47	13.13	13.07	9.98	8.23	4.78	4.05	3.11	3.09	1.76	61.64
31	0.43	12.18	12.12	9.25	7.63	4.43	3.75	2.94	2.72	1.76	57.21
32	0.40	11.30	11.24	8.58	7.08	4.11	3.48	2.73	2.57	1.76	53.25
33	0.37	10.48	10.43	7.96	6.56	3.81	3.23	2.53	2.39	1.76	49.52
34	0.34	9.72	9.67	7.39	6.09	3.53	2.99	2.35	2.21	1.76	46.06
35	0.32	9.01	8.97	6.85	5.65	3.28	2.78	2.18	2.05	1.76	42.85
36	0.30	8.36	8.32	6.35	5.24	3.04	2.58	2.02	1.91	1.76	39.87
37	0.28	7.76	7.72	5.89	4.86	2.82	2.39	1.87	1.77	1.76	37.11
38	0.26	7.19	7.16	5.47	4.51	2.62	2.22	1.74	1.64	1.76	34.55
39	0.24	6.67	6.64	5.07	4.18	2.43	2.06	1.61	1.52	1.76	32.18
40	0.22	6.19	6.16	4.70	3.88	2.25	1.91	1.50	1.41	1.76	29.97
41	0.20	5.74	5.71	4.36	3.60	2.09	1.77	1.39	1.31	1.76	27.93
42	0.19	5.32	5.30	4.05	3.34	1.94	1.64	1.29	1.21	1.76	26.03
43	0.18	4.94	4.92	3.75	3.09	1.80	1.52	1.19	1.13	1.76	24.27
44	0.16	4.58	4.56	3.48	2.87	1.67	1.41	1.11	1.04	1.76	22.64
45	0.15	4.25	4.23	3.23	2.66	1.55	1.31	1.03	0.97	1.76	21.13
46	0.14	3.94	3.92	3.00	2.47	1.43	1.21	0.95	0.90	1.76	19.73
47	0.13	3.66	3.64	2.78	2.29	1.33	1.13	0.88	0.83	1.76	18.42
48	0.12	3.39	3.37	2.58	2.12	1.23	1.04	0.82	0.77	1.76	17.22

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.16 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun

t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow	Q banjir
		29.22	26.97	19.11	14.61	7.87	6.18	4.50	3.93	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	7.14	0.00							1.76	9.15
2	1.29	37.71	6.59	0.00						1.76	47.35
3	3.41	99.78	34.81	4.67	0.00					1.76	144.43
4	7.96	232.67	92.10	24.65	3.57	0.00				1.76	362.73
5	7.13	208.45	214.78	65.24	18.85	1.92	0.00			1.76	518.13
6	6.14	179.34	192.41	152.13	49.89	10.15	1.51	0.00		1.76	593.33
7	5.28	154.29	165.54	136.29	116.34	26.86	7.98	1.10	0.00	1.76	615.45
8	4.54	132.75	142.43	117.26	104.22	62.64	21.11	5.80	0.96	1.76	593.47
9	3.91	114.21	122.54	100.88	89.67	56.12	49.22	15.35	5.08	1.76	558.73
10	3.36	98.26	105.42	86.80	77.15	48.28	44.09	35.80	13.43	1.76	514.36
11	2.89	84.54	90.70	74.68	66.37	41.54	37.94	32.07	31.32	1.76	463.81
12	2.39	69.80	78.04	64.25	57.10	35.74	32.64	27.59	28.06	1.76	397.37
13	2.22	64.90	64.43	55.28	49.13	30.75	28.08	23.74	24.14	1.76	344.43
14	2.01	58.71	59.91	45.64	42.27	26.45	24.16	20.42	20.77	1.76	302.10
15	1.82	53.10	54.19	42.43	34.90	22.76	20.79	17.57	17.87	1.76	267.19
16	1.64	48.04	49.02	38.38	32.45	18.79	17.88	15.12	15.37	1.76	238.46
17	1.49	43.45	44.34	34.72	29.35	17.47	14.77	13.01	13.23	1.76	213.59
18	1.35	39.31	40.11	31.41	26.55	15.81	13.73	10.74	11.38	1.76	192.14
19	1.22	35.56	36.28	28.41	24.02	14.30	12.42	9.98	9.40	1.76	173.35
20	1.10	32.17	32.82	25.70	21.73	12.93	11.23	9.03	8.74	1.76	157.21
21	1.00	29.10	29.69	23.25	19.65	11.70	10.16	8.17	7.90	1.76	142.38
22	0.90	26.32	26.86	21.03	17.78	10.58	9.19	7.39	7.15	1.76	128.96
23	0.81	23.81	24.30	19.02	16.08	9.57	8.32	6.69	6.47	1.76	116.83
24	0.72	20.94	21.98	17.21	14.55	8.66	7.52	6.05	5.85	1.76	105.23
25	0.68	19.84	19.33	15.57	13.16	7.83	6.80	5.47	5.29	1.76	95.73
26	0.63	18.40	18.31	13.69	11.90	7.09	6.15	4.95	4.79	1.76	87.67
27	0.58	17.07	16.98	12.97	10.47	6.41	5.57	4.48	4.33	1.76	80.62
28	0.54	15.83	15.75	12.03	9.92	5.64	5.04	4.05	3.92	1.76	74.48
29	0.50	14.68	14.61	11.16	9.20	5.34	4.43	3.66	3.54	1.76	68.89
30	0.47	13.62	13.55	10.35	8.53	4.95	4.20	3.22	3.21	1.76	63.86
31	0.43	12.63	12.57	9.60	7.92	4.59	3.89	3.05	2.82	1.76	59.27
32	0.40	11.72	11.66	8.91	7.34	4.26	3.61	2.83	2.67	1.76	55.16
33	0.37	10.87	10.82	8.26	6.81	3.95	3.35	2.63	2.48	1.76	51.29
34	0.34	10.08	10.03	7.66	6.32	3.67	3.11	2.44	2.30	1.76	47.70
35	0.32	9.35	9.31	7.11	5.86	3.40	2.88	2.26	2.13	1.76	44.37
36	0.30	8.67	8.63	6.59	5.43	3.15	2.67	2.10	1.98	1.76	41.29
37	0.28	8.05	8.01	6.11	5.04	2.93	2.48	1.94	1.83	1.76	38.42
38	0.26	7.46	7.43	5.67	4.68	2.71	2.30	1.80	1.70	1.76	35.77
39	0.24	6.92	6.89	5.26	4.34	2.52	2.13	1.67	1.58	1.76	33.30
40	0.22	6.42	6.39	4.88	4.02	2.34	1.98	1.55	1.46	1.76	31.02
41	0.20	5.96	5.93	4.53	3.73	2.17	1.83	1.44	1.36	1.76	28.90
42	0.19	5.52	5.50	4.20	3.46	2.01	1.70	1.33	1.26	1.76	26.93
43	0.18	5.12	5.10	3.89	3.21	1.86	1.58	1.24	1.17	1.76	25.11
44	0.16	4.75	4.73	3.61	2.98	1.73	1.46	1.15	1.08	1.76	23.42
45	0.15	4.41	4.39	3.35	2.76	1.60	1.36	1.06	1.00	1.76	21.85
46	0.14	4.09	4.07	3.11	2.56	1.49	1.26	0.99	0.93	1.76	20.39
47	0.13	3.79	3.77	2.88	2.38	1.38	1.17	0.92	0.86	1.76	19.04
48	0.12	3.52	3.50	2.67	2.20	1.28	1.08	0.85	0.80	1.76	17.79

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.17 Debit Banjir Rencana Kala Ulang 200 Tahun

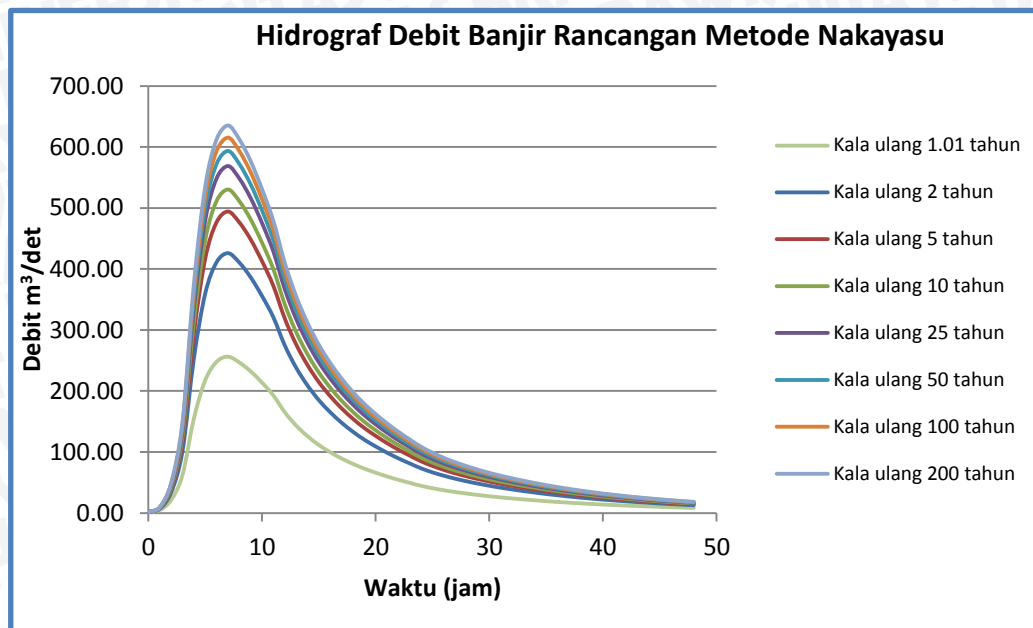
t	U (t,1)	Q akibat hujan netto (m <sup>3</sup> /det)								Base Flow m <sup>3</sup> /det	Q banjir m <sup>3</sup> /det
		30.18	27.86	19.73	15.09	8.12	6.38	4.64	4.06		
0	0.00	0.00								1.76	1.76
1	0.24	7.38	0.00							1.76	9.38
2	1.29	38.94	6.81	0.00						1.76	48.80
3	3.41	103.04	35.95	4.82	0.00					1.76	148.99
4	7.96	240.28	95.12	25.46	3.69	0.00				1.76	374.27
5	7.13	215.27	221.80	67.38	19.47	1.99	0.00			1.76	534.79
6	6.14	185.20	198.71	157.11	51.52	10.48	1.56	0.00		1.76	612.48
7	5.28	159.34	170.96	140.75	120.14	27.74	8.24	1.14	0.00	1.76	635.35
8	4.54	137.09	147.08	121.10	107.63	64.69	21.80	5.99	0.99	1.76	612.68
9	3.91	117.95	126.54	104.18	92.60	57.96	50.83	15.85	5.24	1.76	576.83
10	3.36	101.47	108.87	89.64	79.67	49.86	45.54	36.97	13.87	1.76	531.01
11	2.89	87.30	93.67	77.12	68.54	42.90	39.18	33.12	32.35	1.76	478.83
12	2.39	72.09	80.59	66.35	58.97	36.91	33.71	28.49	28.98	1.76	410.23
13	2.22	67.02	66.54	57.08	50.74	31.75	29.00	24.51	24.93	1.76	355.56
14	2.01	60.63	61.86	47.13	43.65	27.32	24.95	21.09	21.45	1.76	311.85
15	1.82	54.84	55.96	43.82	36.04	23.50	21.47	18.15	18.45	1.76	275.81
16	1.64	49.61	50.62	39.64	33.51	19.41	18.47	15.61	15.88	1.76	246.15
17	1.49	44.88	45.79	35.86	30.31	18.04	15.25	13.43	13.66	1.76	220.47
18	1.35	40.59	41.42	32.44	27.42	16.32	14.18	11.09	11.75	1.76	198.32
19	1.22	36.72	37.47	29.34	24.80	14.76	12.82	10.31	9.70	1.76	178.92
20	1.10	33.22	33.90	26.54	22.44	13.36	11.60	9.33	9.02	1.76	162.26
21	1.00	30.05	30.66	24.01	20.30	12.08	10.49	8.44	8.16	1.76	146.95
22	0.90	27.18	27.74	21.72	18.36	10.93	9.49	7.63	7.38	1.76	133.09
23	0.81	24.59	25.09	19.65	16.61	9.89	8.59	6.90	6.68	1.76	120.56
24	0.72	21.63	22.70	17.77	15.02	8.94	7.77	6.25	6.04	1.76	108.59
25	0.68	20.49	19.96	16.08	13.59	8.09	7.03	5.65	5.46	1.76	98.78
26	0.63	19.00	18.91	14.14	12.29	7.32	6.36	5.11	4.94	1.76	90.46
27	0.58	17.63	17.54	13.39	10.81	6.62	5.75	4.62	4.47	1.76	83.18
28	0.54	16.35	16.27	12.42	10.24	5.82	5.20	4.18	4.04	1.76	76.84
29	0.50	15.16	15.09	11.52	9.50	5.52	4.57	3.78	3.66	1.76	71.07
30	0.47	14.07	14.00	10.69	8.81	5.12	4.33	3.33	3.31	1.76	65.88
31	0.43	13.05	12.98	9.91	8.17	4.75	4.02	3.15	2.91	1.76	61.14
32	0.40	12.10	12.04	9.20	7.58	4.40	3.73	2.92	2.76	1.76	56.89
33	0.37	11.22	11.17	8.53	7.03	4.08	3.46	2.71	2.56	1.76	52.90
34	0.34	10.41	10.36	7.91	6.52	3.79	3.21	2.52	2.37	1.76	49.19
35	0.32	9.66	9.61	7.34	6.05	3.51	2.98	2.33	2.20	1.76	45.76
36	0.30	8.96	8.91	6.81	5.61	3.26	2.76	2.16	2.04	1.76	42.57
37	0.28	8.31	8.27	6.31	5.21	3.02	2.56	2.01	1.89	1.76	39.61
38	0.26	7.71	7.67	5.86	4.83	2.80	2.37	1.86	1.76	1.76	36.87
39	0.24	7.15	7.11	5.43	4.48	2.60	2.20	1.73	1.63	1.76	34.33
40	0.22	6.63	6.60	5.04	4.15	2.41	2.04	1.60	1.51	1.76	31.97
41	0.20	6.15	6.12	4.67	3.85	2.24	1.89	1.49	1.40	1.76	29.78
42	0.19	5.70	5.68	4.34	3.57	2.07	1.76	1.38	1.30	1.76	27.75
43	0.18	5.29	5.27	4.02	3.32	1.92	1.63	1.28	1.21	1.76	25.87
44	0.16	4.91	4.88	3.73	3.07	1.79	1.51	1.19	1.12	1.76	24.12
45	0.15	4.55	4.53	3.46	2.85	1.66	1.40	1.10	1.04	1.76	22.50
46	0.14	4.22	4.20	3.21	2.65	1.54	1.30	1.02	0.96	1.76	21.00
47	0.13	3.92	3.90	2.98	2.45	1.42	1.21	0.95	0.89	1.76	19.60
48	0.12	3.63	3.62	2.76	2.28	1.32	1.12	0.88	0.83	1.76	18.31

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.18 Rekapitulasi Debit Berbagai Kala Ulang DAS Cileungsi

t	Q <sub>banjir</sub> (m <sup>3</sup> /det)							
	Q <sub>1.01</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>
0	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
1	4.93	6.92	7.73	8.15	8.60	8.89	9.15	9.38
2	21.20	33.56	38.53	41.16	43.96	45.76	47.35	48.80
3	62.22	101.07	116.69	124.96	133.77	139.41	144.43	148.99
4	154.33	252.79	292.39	313.35	335.69	350.01	362.73	374.27
5	217.50	359.55	416.67	446.91	479.12	499.78	518.13	534.79
6	247.71	411.02	476.69	511.45	548.49	572.24	593.33	612.48
7	256.27	425.98	494.22	530.35	568.84	593.52	615.45	635.35
8	246.83	410.62	476.48	511.35	548.49	572.31	593.47	612.68
9	232.23	386.50	448.54	481.38	516.37	538.81	558.73	576.83
10	213.72	355.77	412.89	443.13	475.35	496.01	514.36	531.01
11	192.74	320.82	372.32	399.59	428.64	447.27	463.81	478.83
12	165.23	274.91	319.02	342.37	367.25	383.20	397.37	410.23
13	143.44	238.40	276.59	296.81	318.35	332.16	344.43	355.56
14	125.98	209.19	242.66	260.37	279.24	291.35	302.10	311.85
15	111.56	185.10	214.67	230.32	247.00	257.69	267.19	275.81
16	99.69	165.26	191.63	205.58	220.46	229.99	238.46	246.15
17	89.41	148.09	171.68	184.17	197.48	206.01	213.59	220.47
18	80.54	133.27	154.47	165.70	177.66	185.33	192.14	198.32
19	72.77	120.29	139.40	149.52	160.30	167.21	173.35	178.92
20	66.09	109.14	126.46	135.62	145.39	151.65	157.21	162.26
21	59.95	98.90	114.56	122.85	131.68	137.35	142.38	146.95
22	54.40	89.63	103.80	111.30	119.29	124.41	128.96	133.09
23	49.38	81.25	94.06	100.85	108.07	112.71	116.83	120.56
24	44.57	73.23	84.76	90.86	97.36	101.53	105.23	108.59
25	40.66	66.68	77.14	82.68	88.59	92.37	95.73	98.78
26	37.33	61.11	70.68	75.74	81.14	84.60	87.67	90.46
27	34.41	56.24	65.02	69.67	74.62	77.80	80.62	83.18
28	31.87	52.00	60.10	64.38	68.95	71.87	74.48	76.84
29	29.56	48.14	55.62	59.57	63.79	66.49	68.89	71.07
30	27.47	44.67	51.58	55.24	59.14	61.64	63.86	65.88
31	25.57	41.50	47.90	51.29	54.90	57.21	59.27	61.14
32	23.87	38.66	44.60	47.75	51.10	53.25	55.16	56.89
33	22.27	35.98	41.50	44.42	47.53	49.52	51.29	52.90
34	20.78	33.50	38.62	41.33	44.21	46.06	47.70	49.19
35	19.41	31.20	35.95	38.46	41.13	42.85	44.37	45.76
36	18.13	29.07	33.47	35.80	38.28	39.87	41.29	42.57
37	16.94	27.09	31.17	33.33	35.64	37.11	38.42	39.61
38	15.84	25.26	29.04	31.05	33.18	34.55	35.77	36.87
39	14.82	23.55	27.07	28.92	30.91	32.18	33.30	34.33
40	13.88	21.98	25.23	26.96	28.79	29.97	31.02	31.97
41	13.00	20.51	23.53	25.13	26.84	27.93	28.90	29.78
42	12.18	19.15	21.95	23.44	25.02	26.03	26.93	27.75
43	11.43	17.89	20.49	21.87	23.33	24.27	25.11	25.87
44	10.73	16.72	19.13	20.41	21.77	22.64	23.42	24.12
45	10.08	15.64	17.88	19.06	20.32	21.13	21.85	22.50
46	9.48	14.63	16.71	17.81	18.98	19.73	20.39	21.00
47	8.92	13.70	15.63	16.64	17.73	18.42	19.04	19.60
48	8.40	12.84	14.62	15.57	16.57	17.22	17.79	18.31

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.4 Grafik Hidrograf Banjir DAS Cileungsi  
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 Rekapitulasi Debit Puncak DAS Cileungsi

No	Kala Ulang (Tr)	Debit Puncak Banjir (m <sup>3</sup> /det)
1	1.01	256.27
2	2	425.98
3	5	494.22
4	10	530.35
5	25	568.84
6	50	593.52
7	100	615.45
8	200	635.35

Sumber: Perhitungan

Untuk selanjutnya hidrograf banjir tersebut digunakan sebagai data masukan program HEC-RAS.

## 4.2. Analisa Hidrolika dengan Menggunakan HEC-RAS 4.1

### 4.2.1. Data Masukan Program HEC-RAS

Data utama yang dibutuhkan pada suatu sistem sungai adalah:

- Data potongan melintang sungai

Dalam studi ini potongan melintang pada Sungai Cileungsi dari patok 1-388

- Panjang antar potongan melintang (panjang jangkauan)

Jarak jangkauan antar section ini dibedakan untuk sisi kiri, kanan dan sungai utama.

- Koefisien manning dan koefisien kontraksi dan ekspansi

Nilai koefisien manning yang digunakan pada studi ini adalah 0,025. Sedangkan koefisien kontraksi dan ekspansi yang digunakan pada studi ini adalah 0,1 dan 0,3 yaitu dengan kondisi berangsur-angsur (*gradual transitions*)

- Kemiringan Sungai Cileungsi 0.0012 didapatkan dari Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

#### 1. Skematisasi sistem sungai

Skema sungai menggambarkan berbagai variasi jangkauan sungai yang saling berhubungan serta arah aliran. Pola program ini, skema sungai merupakan data awal yang dibutuhkan sebelum data lain dimasukkan.

Setiap penampang sungai pada sistem sungai diberi nama stasiun sebagai identifikasi yang dapat berupa nama sungai, dan nomor stasiun dimana penampang melintang itu berada. Pada studi ini titik hulu analisa adalah pada section 388 sedangkan titik paling hilir adalah section 1. Skema sistem sungai Cileungsi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.5 Skema Sistem Sungai Cileungsi  
Sumber: Hasil Analisa HEC-RAS

#### 2. Geometri Potongan Melintang

Data penampang melintang digambarkan berupa titik-titik koordinat yang merupakan stasiun dan elevasi dari kiri ke kanan secara berurutan dari sistematis dari daerah hulu menuju hilir.

Sebagai data masukkan pada program HEC-RAS, maka penyiapan data fisik sungai harus diperhatikan secara teliti karena akan mempengaruhi hasil keluaran perhitungan. Data profil sungai yang harus diketahui adalah potongan memanjang dan melintang, serta elevasi dasar dan lebar sungai.



Secara umum profil Sungai Cileungsi sangat beragam dan tidak beraturan. Hal ini bisa dilihat dari ketidakseragaman bentuk penampang sungai yang telah ada, dimana tebing-tebing pada setiap patok yang ada mempunyai kemiringan dan ketinggian yang beraneka ragam.

### 3. Koefisien Kekasaran Manning

Koefisien manning yang dipakai dalam studi ini diambil berdasarkan kondisi ruas sungai yang ditinjau. Untuk ruas sungai utama berdasarkan kondisi sungai maka diambil angka koefisien manning sebesar 0,025.

### 4. Koefisien Kontraksi dan Ekspansi

Kontraksi dan ekspansi terjadi akibat *back water* yang disebabkan perubahan penampang, atau perubahan kemiringan dasar saluran yang sangat curam sekali. Angka koefisien kontraksi dan ekspansi yang digunakan pada studi ini adalah angka koefisien untuk aliran subkritis dengan kondisi berubah berangsur-angsur (*gradual transision*) yaitu sebesar 0.1 dan 0.3.

Tabel 4.20 Koefisien Kontaksi dan Ekspansi Untuk Aliran Subkritis

Kondisi	Kontaksi	Ekspansi
<i>No Transition Loss Computed</i>	0.0	0.0
<i>Gradual Transition</i>	0.1	0.3
<i>Typical bridge Section</i>	0.3	0.5
<i>Abrupt Transitions</i>	0.6	0.8

Sumber: US Army, 2001

Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L)	Elevasi (m)	H	Luas (A) $((H_n + H_{n-1}) \times L)/2$ $m^2$
	(m)		El n - El 0 (m)	
388	47.29	34.01	24.14	1136.62
387	22.11	33.80	23.93	527.77
386	62.73	33.68	23.81	1480.43
385	49.66	33.26	23.39	1163.29
384	49.97	33.33	23.46	1174.05
383	49.73	33.40	23.53	1170.89
382	50.74	33.43	23.56	1195.69
381	42.94	33.44	23.57	1012.31
380	46.47	33.45	23.58	1095.07
379	49.82	33.42	23.55	1170.27
378	49.61	33.30	23.43	1156.91
377	51.59	33.08	23.21	1200.24
376	50.32	33.19	23.32	1157.36
375	50.89	32.55	22.68	1162.33
374	49.71	32.87	23.00	1144.32
373	50.43	32.91	23.04	1154.59
372	48.93	32.62	22.75	1100.44
371	51.66	32.10	22.23	1162.35
370	50.54	32.64	22.77	1150.80
369	49.83	32.64	22.77	1131.64
368	40.37	32.52	22.65	912.77
367	38.45	32.44	22.57	866.47
366	42.67	32.37	22.50	959.65
365	46.36	32.35	22.48	1044.26
364	46.75	32.44	22.57	1053.28
363	54.00	32.36	22.49	1205.82
362	49.84	32.04	22.17	1106.95
361	45.28	32.12	22.25	994.12
360	37.87	31.53	21.66	817.23
359	42.59	31.37	21.50	936.98
358	46.58	32.37	22.50	1032.21
357	44.25	31.69	21.82	971.73
356	49.57	31.97	22.10	1096.49
355	49.73	32.01	22.14	1105.75
354	50.86	32.20	22.33	1129.60
353	49.96	31.96	22.09	1100.37
352	50.05	31.83	21.96	1097.35
351	49.96	31.76	21.89	1091.63
350	50.40	31.68	21.81	1097.71
349	48.20	31.62	21.75	1033.41
348	45.15	31.00	21.13	956.05
347	42.77	31.09	21.22	902.02
346	64.15	30.83	20.96	1347.15
345	49.77	30.91	21.04	1042.18
344	50.49	30.71	20.84	1056.25
343	50.31	30.87	21.00	1054.75
342	44.85	30.80	20.93	941.18
341	47.09	30.91	21.04	985.12
340	46.90	30.67	20.80	959.11
339	37.12	29.97	20.10	744.81

Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L)	Elevasi	H	Luas (A)
	(m)		(m)	El n - El 0
	(m)	(m)	(m)	m <sup>2</sup>
338	46.64	29.90	20.03	952.86
337	50.44	30.70	20.83	1050.16
336	50.00	30.68	20.81	1030.25
335	50.11	30.27	20.40	1026.50
334	49.82	30.44	20.57	1014.58
333	52.04	30.03	20.16	1058.75
332	50.09	30.40	20.53	1012.57
331	48.21	29.77	19.90	957.45
330	47.48	29.69	19.82	938.92
329	43.70	29.60	19.73	876.40
328	42.28	30.25	20.38	859.13
327	54.88	30.13	20.26	1080.86
326	49.86	29.00	19.13	973.27
325	49.86	29.78	19.91	954.82
324	50.41	28.26	18.39	934.35
323	54.02	28.55	18.68	1000.99
322	42.18	28.25	18.38	791.30
321	47.03	29.01	19.14	900.86
320	44.04	29.04	19.17	846.89
319	25.44	29.16	19.29	490.36
318	48.54	29.13	19.26	937.06
317	50.04	29.22	19.35	962.77
316	49.68	29.00	19.13	944.42
315	50.16	28.76	18.89	940.25
314	47.92	28.47	18.60	880.05
313	50.02	28.00	18.13	916.62
312	50.16	28.39	18.52	927.71
311	50.00	28.34	18.47	932.50
310	46.55	28.70	18.83	861.87
309	54.47	28.07	18.20	1006.61
308	48.72	28.63	18.76	911.31
307	50.04	28.52	18.65	904.22
306	50.00	27.36	17.49	877.25
305	50.71	27.47	17.60	915.06
304	41.10	28.36	18.49	740.21
303	66.62	27.40	17.53	1174.84
302	59.60	27.61	17.74	1059.69
301	46.18	27.69	17.82	826.39
300	35.44	27.84	17.97	631.90
299	29.54	27.56	17.69	524.19
298	66.75	27.67	17.80	1177.47
297	56.82	27.35	17.48	989.80
296	51.65	27.23	17.36	911.88
295	57.47	27.82	17.95	1031.87
294	39.46	27.83	17.96	701.40
293	54.97	27.46	17.59	968.57
292	57.72	27.52	17.65	1005.77
291	45.19	27.07	17.20	780.66
290	44.02	27.22	17.35	767.05
289	60.54	27.37	17.50	1047.34

Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L)	Elevasi	H	Luas (A)
			El n - El 0	$((H_n + H_{n-1}) \times L)/2$
	(m)	(m)	(m)	m <sup>2</sup>
288	63.86	26.97	17.10	1077.00
287	38.50	26.50	16.63	635.44
286	50.27	26.25	16.38	825.43
285	50.21	26.33	16.46	838.26
284	50.02	26.80	16.93	824.58
283	40.83	25.91	16.04	654.91
282	46.97	25.91	16.04	745.18
281	25.83	25.56	15.69	404.76
280	53.86	25.52	15.65	852.33
279	49.90	25.87	16.00	797.40
278	43.09	25.83	15.96	687.72
277	50.56	25.83	15.96	822.86
276	52.59	26.46	16.59	868.26
275	74.16	26.30	16.43	1218.82
274	52.26	26.31	16.44	854.45
273	61.28	26.13	16.26	995.19
272	54.83	26.09	16.22	864.12
271	50.19	25.17	15.30	772.68
270	44.06	25.36	15.49	679.63
269	41.23	25.23	15.36	635.15
268	41.76	25.32	15.45	645.40
267	38.83	25.33	15.46	617.59
266	40.07	26.22	16.35	651.54
265	50.03	26.04	16.17	818.24
264	62.49	26.41	16.54	1031.71
263	67.97	26.35	16.48	1119.13
262	41.03	26.32	16.45	676.58
261	52.34	26.40	16.53	866.23
260	60.40	26.44	16.57	994.79
259	62.61	26.24	16.37	1018.35
258	42.92	26.03	16.16	702.82
257	49.09	26.46	16.59	809.49
256	42.89	26.26	16.39	703.18
255	59.59	26.27	16.40	969.23
254	75.81	26.00	16.13	1258.07
253	52.06	26.93	17.06	884.50
252	57.03	26.79	16.92	974.64
251	47.77	27.13	17.26	817.34
250	58.00	26.83	16.96	980.20
249	45.59	26.71	16.84	761.58
248	78.80	26.44	16.57	1298.23
247	48.68	26.25	16.38	801.03
246	37.76	26.40	16.53	631.91
245	51.13	26.81	16.94	862.82
244	70.63	26.68	16.81	1179.87
243	79.95	26.47	16.60	1298.79
242	80.03	25.76	15.89	1274.88
241	79.87	25.84	15.97	1242.78
240	80.57	25.02	15.15	1247.22
239	80.32	25.68	15.81	1237.33

Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L) (m)	Elevasi (m)	H	Luas (A)
			El n - El 0 (m)	$((H_n + H_{n-1}) \times L)/2$ $m^2$
238	69.57	24.87	15.00	1035.20
237	32.03	24.63	14.76	482.37
236	47.06	25.23	15.36	735.55
235	31.17	25.77	15.90	493.73
234	41.18	25.65	15.78	641.58
233	45.24	25.25	15.38	699.86
232	47.50	25.43	15.56	736.49
231	44.44	25.32	15.45	681.93
230	49.31	25.11	15.24	751.24
229	75.76	25.10	15.23	1157.99
228	54.93	25.21	15.34	841.25
227	75.06	25.16	15.29	1134.91
226	51.78	24.82	14.95	774.63
225	49.35	24.84	14.97	736.06
224	65.78	24.73	14.86	970.58
223	58.49	24.52	14.65	854.54
222	43.16	24.44	14.57	627.11
221	76.24	24.36	14.49	1118.44
220	51.20	24.72	14.85	759.04
219	45.76	24.67	14.80	676.10
218	53.68	24.62	14.75	797.68
217	42.28	24.84	14.97	614.75
216	41.69	23.98	14.11	590.33
215	39.10	24.08	14.21	556.78
214	34.75	24.14	14.27	497.27
213	39.19	24.22	14.35	562.77
212	54.91	24.24	14.37	778.90
211	55.93	23.87	14.00	770.16
210	58.86	23.41	13.54	785.19
209	63.14	23.01	13.14	829.03
208	65.97	22.99	13.12	862.89
207	50.12	22.91	13.04	652.31
206	36.75	22.86	12.99	477.38
205	50.01	22.86	12.99	631.38
204	60.37	22.13	12.26	738.33
203	34.38	22.07	12.20	410.84
202	79.71	21.57	11.70	949.35
201	72.28	21.99	12.12	891.94
200	66.58	22.43	12.56	821.93
199	66.41	22.00	12.13	803.23
198	47.55	21.93	12.06	575.36
197	47.46	22.01	12.14	584.00
196	54.36	22.34	12.47	686.30
195	53.42	22.65	12.78	661.87
194	38.48	21.87	12.00	461.57
193	36.93	21.86	11.99	445.38
192	32.04	22.00	12.13	383.52
191	34.40	21.68	11.81	415.55
190	54.33	22.22	12.35	684.29
189	43.87	22.71	12.84	555.17

Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L)	Elevasi	H	Luas (A)
			El n - El 0	$((H_n + H_{n-1}) \times L)/2$
	(m)	(m)	(m)	m <sup>2</sup>
188	54.39	22.34	12.47	647.24
187	51.28	21.20	11.33	598.18
186	48.67	21.87	12.00	584.77
185	49.98	21.90	12.03	592.26
184	50.22	21.54	11.67	587.07
183	49.63	21.58	11.71	578.44
182	46.48	21.47	11.60	539.17
181	49.88	21.47	11.60	576.11
180	54.09	21.37	11.50	622.58
179	50.41	21.39	11.52	588.28
178	50.01	21.69	11.82	588.12
177	50.01	21.57	11.70	582.37
176	49.98	21.46	11.59	575.77
175	67.89	21.32	11.45	778.70
174	70.45	21.36	11.49	798.20
173	38.37	21.04	11.17	429.17
172	37.43	21.07	11.20	419.22
171	48.85	21.07	11.20	543.94
170	50.15	20.94	11.07	550.15
169	50.19	20.74	10.87	540.55
168	47.36	20.54	10.67	500.83
167	48.89	20.35	10.48	522.63
166	45.03	20.77	10.90	489.48
165	45.76	20.71	10.84	494.21
164	50.51	20.63	10.76	539.70
163	47.36	20.48	10.61	504.62
162	50.56	20.57	10.70	538.46
161	40.33	20.47	10.60	430.52
160	47.16	20.62	10.75	513.81
159	48.92	20.91	11.04	547.17
158	56.11	21.20	11.33	640.22
157	67.94	21.36	11.49	750.40
156	55.21	20.47	10.60	583.29
155	50.42	20.40	10.53	529.41
154	41.72	20.34	10.47	433.89
153	43.19	20.20	10.33	449.61
152	40.90	20.36	10.49	423.52
151	26.14	20.09	10.22	263.75
150	37.78	19.83	9.96	375.16
149	34.19	19.77	9.90	336.60
148	51.45	19.66	9.79	494.95
147	56.28	19.32	9.45	523.40
146	44.73	19.02	9.15	408.38
145	50.59	18.98	9.11	444.69
144	45.57	18.34	8.47	386.89
143	51.33	18.38	8.51	435.79
142	44.53	18.34	8.47	374.05
141	50.34	18.20	8.33	417.82
140	50.26	18.14	8.27	413.14
139	57.26	18.04	8.17	457.51

Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L) (m)	Elevasi (m)	H	Luas (A)
			El n - El 0 (m)	$((H_n + H_{n-1}) \times L)/2$ $m^2$
138	61.44	17.68	7.81	461.11
137	71.46	17.07	7.20	522.02
136	79.29	17.28	7.41	587.54
135	54.30	17.28	7.41	406.98
134	57.36	17.45	7.58	433.35
133	33.17	17.40	7.53	253.58
132	47.76	17.63	7.76	378.02
131	63.78	17.94	8.07	495.25
130	66.13	17.33	7.46	511.85
129	73.82	17.89	8.02	578.01
128	51.83	17.51	7.64	371.88
127	55.38	16.58	6.71	408.98
126	48.86	17.93	8.06	376.95
125	62.39	17.24	7.37	465.43
124	82.68	17.42	7.55	616.38
123	43.87	17.23	7.36	329.03
122	49.69	17.51	7.64	384.35
121	49.43	17.70	7.83	391.73
120	58.50	17.89	8.02	449.57
119	39.24	17.22	7.35	283.71
118	38.18	16.98	7.11	271.65
117	73.15	16.99	7.12	521.19
116	36.42	17.00	7.13	252.21
115	51.12	16.59	6.72	342.25
114	54.13	16.54	6.67	356.45
113	51.68	16.37	6.50	326.62
112	46.41	16.01	6.14	292.38
111	59.00	16.33	6.46	399.14
110	86.60	16.94	7.07	593.64
109	56.64	16.51	6.64	365.04
108	52.93	16.12	6.25	333.72
107	74.26	16.23	6.36	468.95
106	49.96	16.14	6.27	315.75
105	50.05	16.24	6.37	318.57
104	82.38	16.23	6.36	521.05
103	56.97	16.16	6.29	354.07
102	55.40	16.01	6.14	337.66
101	45.09	15.92	6.05	270.77
100	50.03	15.83	5.96	295.93
99	46.76	15.74	5.87	272.61
98	23.64	15.66	5.79	135.93
97	42.27	15.58	5.71	240.52
96	52.45	15.54	5.67	295.29
95	45.36	15.46	5.59	251.75
94	42.69	15.38	5.51	233.51
93	45.99	15.30	5.43	250.65
92	63.22	15.34	5.47	340.12
91	37.78	15.16	5.29	210.81
90	47.36	15.74	5.87	260.24
89	36.10	14.99	5.12	183.57
88	47.65	14.92	5.05	238.96

Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L) (m)	Elevasi (m)	H	Luas (A)
			El n - El 0 (m)	$((H_n + H_{n-1}) \times L)/2$ $m^2$
87	38.06	14.85	4.98	188.02
86	47.26	14.77	4.90	230.16
85	50.65	14.71	4.84	243.37
84	49.65	14.64	4.77	234.84
83	62.31	14.56	4.69	284.13
82	55.77	14.30	4.43	249.01
81	58.30	14.37	4.50	244.57
80	62.16	13.76	3.89	226.57
79	51.74	13.27	3.40	180.06
78	50.00	13.43	3.56	171.25
77	48.86	13.16	3.29	162.95
76	50.10	13.25	3.38	178.61
75	50.00	13.62	3.75	175.00
74	50.30	13.12	3.25	172.28
73	49.99	13.47	3.60	192.21
72	50.03	13.96	4.09	202.37
71	49.66	13.87	4.00	197.65
70	47.38	13.83	3.96	169.15
69	50.11	13.05	3.18	158.35
68	52.66	13.01	3.14	189.05
67	55.39	13.91	4.04	207.99
66	50.22	13.34	3.47	172.51
65	49.99	13.27	3.40	183.21
64	47.59	13.80	3.93	178.70
63	41.22	13.45	3.58	146.74
62	40.44	13.41	3.54	137.70
61	47.65	13.14	3.27	166.78
60	52.77	13.60	3.73	181.53
59	51.95	13.02	3.15	170.14
58	46.29	13.27	3.40	163.40
57	52.14	13.53	3.66	198.39
56	66.94	13.82	3.95	253.70
55	60.14	13.50	3.63	211.09
54	48.81	13.26	3.39	164.98
53	44.15	13.24	3.37	146.14
52	42.59	13.12	3.25	138.84
51	49.87	13.14	3.27	168.56
50	52.73	13.36	3.49	189.30
49	42.85	13.56	3.69	161.54
48	43.22	13.72	3.85	162.94
47	50.70	13.56	3.69	171.37
46	53.28	12.94	3.07	175.29
45	50.15	13.38	3.51	180.54
44	45.95	13.56	3.69	157.15
43	50.65	13.02	3.15	168.92
42	42.30	13.39	3.52	142.13
41	40.40	13.07	3.20	128.47
40	50.73	13.03	3.16	166.14
39	51.12	13.26	3.39	162.05



Lanjutan Tabel 4.21 Perhitungan Kemiringan Sungai Cileungsi

No. Patok	Jarak (L) (m)	Elevasi (m)	H	Luas (A)
			El n - El 0 (m)	$((H_n + H_{n-1}) \times L) / 2$ $m^2$
38	46.44	12.82	2.95	149.54
37	67.36	13.36	3.49	231.38
36	48.98	13.25	3.38	170.94
35	53.51	13.47	3.60	183.54
34	49.31	13.13	3.26	178.50
33	47.60	13.85	3.98	183.50
32	51.52	13.60	3.73	194.23
31	49.96	13.68	3.81	195.09
30	50.11	13.87	4.00	178.64
29	49.79	13.00	3.13	158.08
28	50.48	13.09	3.22	179.71
27	50.00	13.77	3.90	187.50
26	50.19	13.47	3.60	183.95
25	50.07	13.60	3.73	185.26
24	47.75	13.54	3.67	170.95
23	53.05	13.36	3.49	185.14
22	50.00	13.36	3.49	171.00
21	53.67	13.22	3.35	190.53
20	42.50	13.62	3.75	148.54
19	43.63	13.11	3.24	153.58
18	51.54	13.67	3.80	187.86
17	44.59	13.36	3.49	148.48
16	54.72	13.04	3.17	204.38
15	50.14	14.17	4.30	209.84
14	50.01	13.94	4.07	201.54
13	50.01	13.86	3.99	183.29
12	50.01	13.21	3.34	182.79
11	48.86	13.84	3.97	176.38
10	51.15	13.12	3.25	153.96
9	50.37	12.64	2.77	138.77
8	50.00	12.61	2.74	132.75
7	49.66	12.44	2.57	122.16
6	50.37	12.22	2.35	112.83
5	47.94	12.00	2.13	101.15
4	47.87	11.96	2.09	87.36
3	50.31	11.43	1.56	56.60
2	48.42	10.56	0.69	16.70
1	0.00	9.87	0.00	0.00
$\Sigma L =$	19590.45		$\Sigma A =$	237477.98
$H_{rata-rata} =$	$2 \cdot \Sigma A / \Sigma L$		$I_{rata-rata} =$	$H_{rata-rata} / \Sigma L$
	= 24.24			= 0.0012

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.2.2. Data Aliran Tetap (*Steady Flow Data*)

Nilai debit yang dimasukkan pada bagian hulu, diasumsikan konstan untuk penampang berikutnya kecuali nilai debit berubah untuk penampang tertentu. Untuk kondisi batas hilir digunakan kedalaman normal. Untuk tipe kondisi batas ini, harus diketahui energi kemiringan yang akan digunakan pada perhitungan kedalaman kritis (menggunakan persamaan Manning). Pada umumnya energi kemiringan didapat dengan pendekatan rata-rata kemiringan saluran atau rata-rata kemiringan muka air yang didapatkan 0,0012.

Lengkung aliran debit (*Discharge Rating Curve*) adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dan debit pada lokasi penampang sungai atau bendung.

Berikut ini *rating curve* Sungai Cileungsi pada *Cross Section* Patok 388 (20 Km dari hilir)

$$n = 0.025$$

$$S = 0.0012$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$A = 11.774 \text{ m}^2$$

$$P = 44.639 \text{ m}$$

Perhitungan jari-jari hidraulis (R):

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{11.774}{44.639} \\ &= 0.264 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan aliran dengan rumus Manning (v):

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0.025} 0.264^{2/3} 0.0012^{1/2} \\ &= 0.362 \text{ m/det} \end{aligned}$$

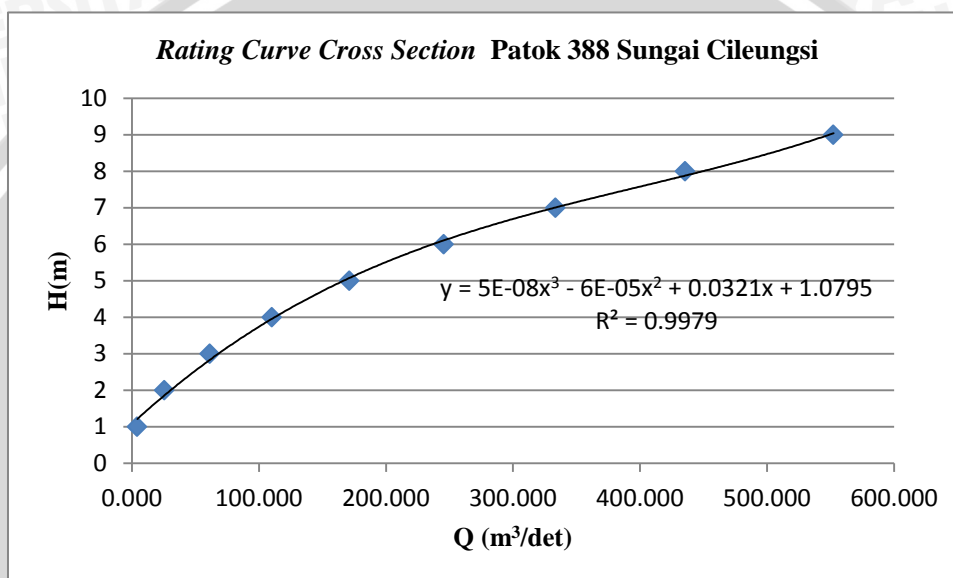
Perhitungan debit (Q):

$$\begin{aligned} Q &= A \times v \\ &= 11.774 \times 0.362 \\ &= 4.259 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Tabel 4.22 Perhitungan *Rating Curve Cross Section* Patok 388 Sungai Cileungsi

h	A	P	R	n	S	V	Q
1	11.774	44.639	0.264	0.025	0.001	0.362	4.259
2	37.714	55.864	0.675	0.025	0.001	0.677	25.525
3	66.717	62.189	1.073	0.025	0.001	0.922	61.490
4	98.562	68.761	1.433	0.025	0.001	1.118	110.199
5	133.568	75.868	1.761	0.025	0.001	1.282	171.272
6	171.84	82.975	2.071	0.025	0.001	1.429	245.545
7	213.378	90.083	2.369	0.025	0.001	1.563	333.460
8	258.183	97.19	2.656	0.025	0.001	1.687	435.533
9	306.254	104.297	2.936	0.025	0.001	1.803	552.303

Sumber: Perhitungan

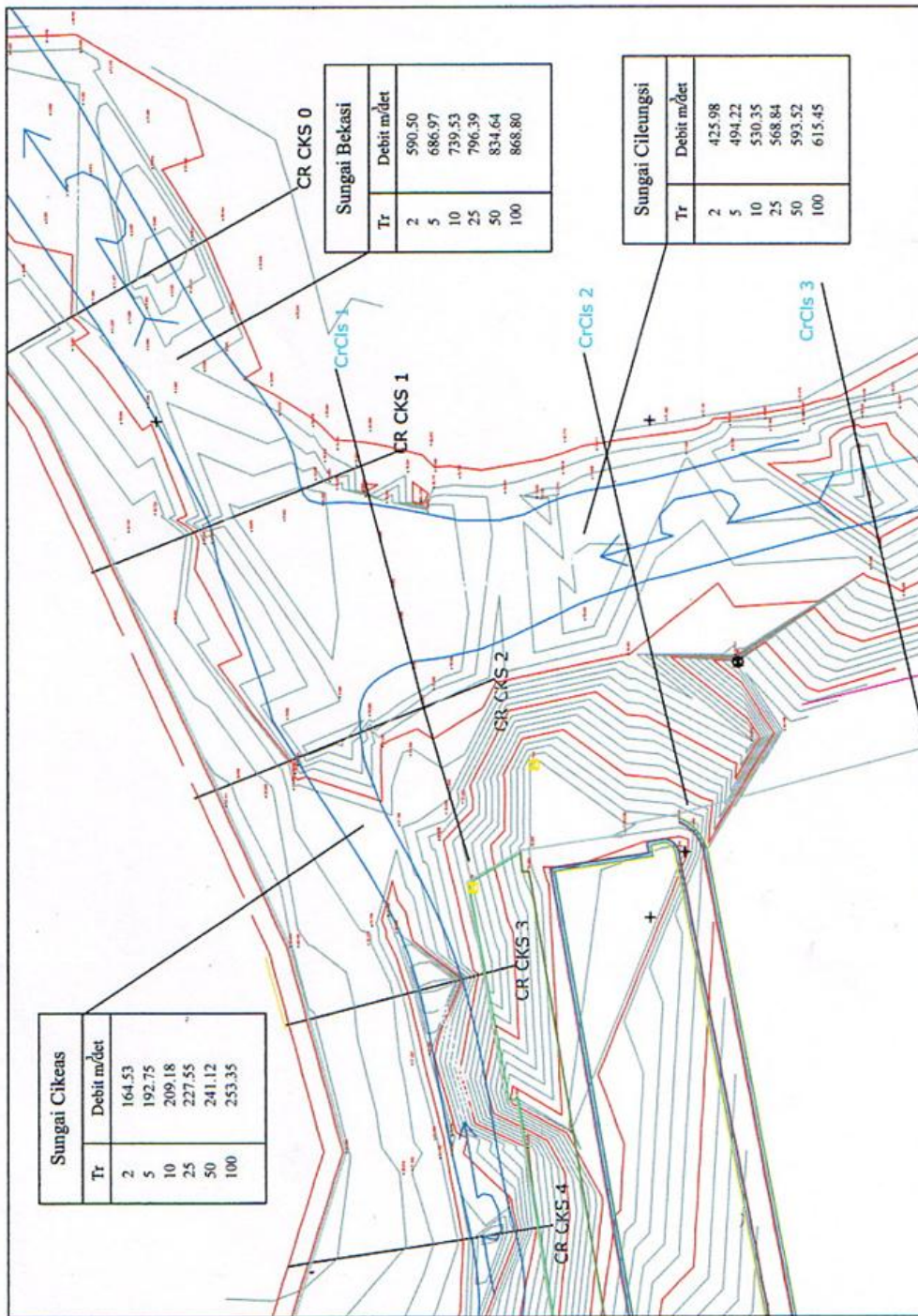


Gambar 4.6 *Rating Curve Cross Section* P.388 Sungai Cileungsi  
Sumber: Perhitungan

Sebagai masukan data HEC-RAS pada *boundary condition* pada hilir Sungai Cileungsi dibutuhkan data tinggi muka air. Namun karena tidak adanya data AWLR, maka dihitung secara manual. Hilir Sungai Cileungsi bertemu dengan Sungai Cikeas yang bermuara di Sungai Bekasi Hulu. Sehingga debit Sungai Cikeas berpengaruh terhadap batas hilir Sungai Cileungsi yang digunakan sebagai masukan data HEC-RAS.

Tabel 4.23 Debit Banjir DAS Cikeas

No	Kala Ulang (Tr)	Debit Banjir S. Cikeas (m <sup>3</sup> /det)
1	2	164.53
2	5	192.75
3	10	209.18
4	25	227.55
5	50	241.12
6	100	253.35



Gambar 4.7 Skema Batas Hilir Sungai Cileungsi

Tabel 4.24 Total Debit Banjir di Hulu Sungai Bekasi

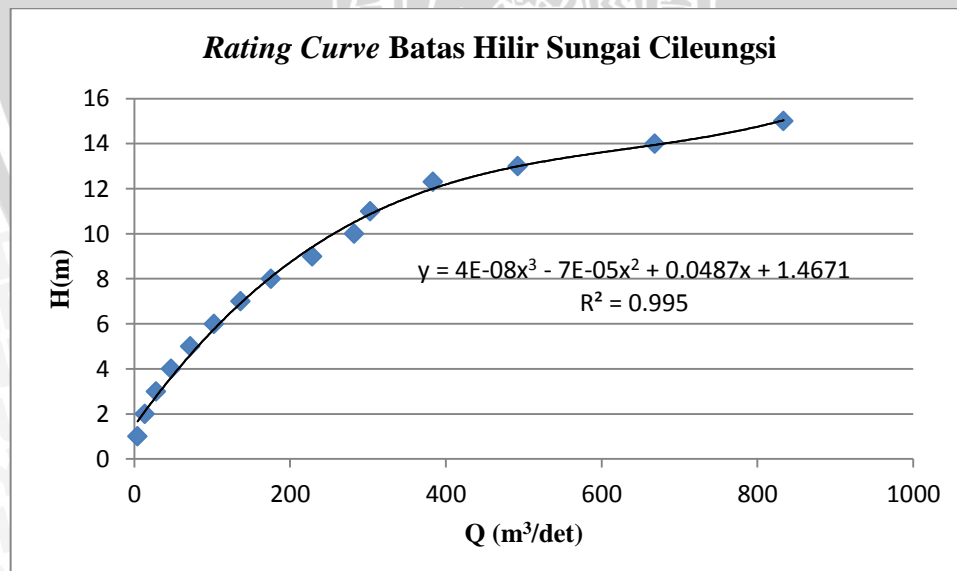
No	Kala Ulang (Tr)	Debit Puncak Banjir (m <sup>3</sup> /det) Cileungsi	Debit Puncak Banjir (m <sup>3</sup> /det) Cikeas	Q(Cileungsi+Cikeas) (m <sup>3</sup> /det)
1	2	425.98	164.53	590.50
2	5	494.22	192.75	686.97
3	10	530.35	209.18	739.53
4	25	568.84	227.55	796.39
5	50	593.52	241.12	834.64
6	100	615.45	253.35	868.80

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.25 Perhitungan *Rating Curve* Batas Hilir Sungai Cileungsi

h	A	P	R	n	S	V	Q
1	8.2670	19.2550	0.4293	0.0250	0.0012	0.5005	4.1378
2	18.4160	23.8960	0.7707	0.0250	0.0012	0.7393	13.6144
3	30.4170	28.5290	1.0662	0.0250	0.0012	0.9179	27.9185
4	44.2940	33.1620	1.3357	0.0250	0.0012	1.0667	47.2465
5	60.0450	37.7950	1.5887	0.0250	0.0012	1.1974	71.8998
6	77.6720	42.4280	1.8307	0.0250	0.0012	1.3161	102.2260
7	97.2680	48.4510	2.0076	0.0250	0.0012	1.3996	136.1352
8	120.4400	56.4640	2.1330	0.0250	0.0012	1.4573	175.5197
9	146.4160	61.9100	2.3650	0.0250	0.0012	1.5611	228.5753
10	175.5560	71.0700	2.4702	0.0250	0.0012	1.6071	282.1354
11	212.7280	103.3840	2.0576	0.0250	0.0012	1.4228	302.6643
12	284.4200	149.9700	1.8965	0.0250	0.0012	1.3475	383.2536
13	333.8710	153.8280	2.1704	0.0250	0.0012	1.4743	492.2244
14	406.7610	159.3740	2.5522	0.0250	0.0012	1.6425	668.1020
15	484.5120	177.1030	2.7358	0.0250	0.0012	1.7203	833.5133

Sumber: Perhitungan

Gambar 4.8 *Rating Curve* Batas Hilir Sungai Cileungsi

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.26 Perhitungan *Known Water Level* Debit Banjir Tiap Kala Ulang

Kala Ulang	Q (m <sup>3</sup> /det)	h (m)	El. MA
2	590.50	14.05	22.690
5	686.97	14.86	14.856
10	739.53	15.38	15.377
25	796.39	16.06	16.059
50	834.64	16.61	16.608
100	868.80	17.17	17.172

Elevasi dasar 8.638

Sumber: Perhitungan

#### 4.2.3. Hasil *Running* HEC-RAS

Dari hasil running HEC-RAS dapat diketahui bahwa ketinggian muka air di Sungai Cileungsi cukup tinggi sehingga mengakibatkan luapan pada beberapa patok yang diperlihatkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.27 Elevasi Tebing Eksisting dan Elevasi Muka Air Maksimum pada Q<sub>25</sub>

No	Patok	Elevasi Tebing		Elevasi M.A 25th m	Tinggi Luapan Kanan m	Tinggi Luapan Kiri m	Keterangan	
		Kanan	Kiri				Kanan	Kiri
1	186	27.89	31.76	28.19	0.30	-	Melimpas	Aman
2	185	29.68	28.01	28.07	-	0.06	Aman	Melimpas
3	153	25.44	36.78	27.17	1.73	-	Melimpas	Aman
4	124	26.15	29.78	26.64	0.49	-	Melimpas	Aman
5	107	36.88	25.73	26.14	-	0.41	Aman	Aman
6	99	25.09	30.48	25.79	0.70	-	Melimpas	Melimpas
7	98	25.84	31.49	25.86	0.02	-	Melimpas	Aman
8	97	25.84	32.53	25.87	0.03	-	Melimpas	Aman
9	96	25.31	30.71	25.81	0.50	-	Melimpas	Aman
10	94	25.49	30.51	25.81	0.32	-	Melimpas	Aman
11	92	25.58	29.42	25.63	0.05	-	Melimpas	Aman
12	89	24.87	26.22	25.65	0.78	-	Melimpas	Aman
13	57	24.68	25.97	25.28	0.60	-	Melimpas	Aman
14	46	31.3	25.05	25.06	-	0.01	Aman	Melimpas
15	45	31.12	25	25.02	-	0.02	Aman	Melimpas
16	44	24.45	25.57	25.01	0.56	-	Melimpas	Aman
17	43	24.61	24.17	25	0.39	0.83	Melimpas	Melimpas
18	42	24.59	25.25	25	0.41	-	Melimpas	Aman
19	41	24.87	24.62	25.01	0.14	0.39	Melimpas	Melimpas
20	40	24.67	25.31	24.96	0.29	-	Melimpas	Aman
21	39	23.85	25.36	24.97	1.12	-	Melimpas	Aman
22	37	30.98	23.57	24.97	-	1.35	Melimpas	Aman
23	34	24.54	25.83	24.92	0.38	-	Melimpas	Aman
24	29	23.65	25.08	24.83	1.18	-	Melimpas	Aman
25	27	28.13	24.73	24.8	-	0.07	Aman	Melimpas

Lanjutan Tabel 4.27 Elevasi Tebing Eksisting dan Elevasi Muka Air Maksimum pada  $Q_{25}$

No	Patok	Elevasi Tebing		Elevasi M.A 25th m	Tinggi Luapan Kanan m	Tinggi Luapan Kiri m	Keterangan	
		Kanan	Kiri				Kanan	Kiri
26	26	27.7	24.73	24.8	-	0.07	Aman	Melimpas
27	22	30.4	24.61	24.73	-	0.12	Aman	Melimpas
28	21	30.42	24.41	24.75	-	0.34	Aman	Melimpas
29	17	30.37	24.45	24.71	-	0.26	Aman	Melimpas
30	12	23.57	25.3	24.71	1.14	-	Melimpas	Aman
31	11	23.8	25.01	24.7	0.90	-	Melimpas	Aman
32	10	24.03	24.8	24.71	0.68	-	Melimpas	Aman
33	9	22.65	24.7	24.72	2.07	0.02	Melimpas	Melimpas
34	8	22.71	24.57	24.7	1.99	0.13	Melimpas	Melimpas
35	7	22.57	24.2	24.71	2.14	0.51	Melimpas	Melimpas
36	6	22.39	23.94	24.7	2.31	0.76	Melimpas	Melimpas
37	5	22.37	23.98	24.7	2.33	0.72	Melimpas	Melimpas
38	4	23.6	24.33	24.7	1.10	0.37	Melimpas	Melimpas
39	3	23.57	24.17	24.68	1.11	0.51	Melimpas	Melimpas
40	2	23.37	23.87	24.68	1.31	0.81	Melimpas	Melimpas
41	1	23.67	24.63	24.7	1.03	0.07	Melimpas	Melimpas

Sumber: Perhitungan

### 4.3. Perencanaan Tanggul

Sebelum merencanakan tanggul terlebih dahulu harus diperhatikan dengan teliti situasi sungai, sehingga dalam perencanaan pembuatan tanggul terutama penempatan tanggul akan sesuai dengan situasi sungai yang sesungguhnya dan juga tidak mengganggu masyarakat sekitar.

Dasar perencanaan tanggul adalah sebagai berikut:

1. Debit rencana =  $Q_{25th}$
2. Debit banjir rencana =  $568.84 \text{ m}^3/\text{det}$
3. Slope = 0.0012
4. Bahan = Urugan
5. Tinggi tanggul = 2.70 m (el. Muka air rencana + tinggi jagaan)
6. Tinggi jagaan = Sesuai dengan Tabel 2.8 (tinggi jagaan = 1 m)
7. Kemiringan tanggul = 1:2
8. Kemiringan lereng = 1:2

Perencanaan tanggul dimasukdkan sebagai penahan kenaikan muka air agar tidak meluap ke kanan-kiri badan sungai. Setelah dilakukan pengujian laboratorium, tanah sebagai bahan timbunan tanggul didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \gamma_t &= 1.67 \text{ t/m}^3 \\
 - G_s &= 2.64 \\
 - e &= 1.27 \\
 - c &= 0.57 \text{ t/m}^2 \\
 - \phi &= 15.99^\circ \\
 - W_w &= 43.74\% \\
 - \gamma_{\text{sat}} &= \frac{\gamma_w(G_s+e)}{1+e} \\
 &= \frac{1(2.64+1.27)}{1+1.27} \\
 &= 1.72 \text{ t/m}^3 \\
 - \gamma_{\text{wet}} &= \frac{\gamma_w G_s(W_w+1)}{1+e} \\
 &= \frac{1.2.64(0.437+1)}{1+1.27} \\
 &= 1.67 \text{ t/m}^3 \\
 - \gamma_{\text{sub}} &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 0.72 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

Formasi garis aliran pada tubuh tanggul dapat diperoleh dengan metode Casagrande. Kemiringan sudut lereng hilir bendungan yaitu  $27^\circ < 30^\circ$ , maka harga  $a$  dapat diperoleh dengan rumus:

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 h &= 1.73 \sim 1.70 \text{ m (Kondisi banjir)} \\
 l_1 &= 3.400 \text{ m} \\
 l_2 &= 11.400 \text{ m} \\
 \alpha &= 27^\circ \\
 d &= 0.3 l_1 + l_2 \\
 &= 0.3(3.400) + 11.400 \\
 &= 12.420 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Y_o &= \sqrt{h^2 + d^2} - d \\
 &= \sqrt{1.70^2 + 12.420^2} - 12.420 \\
 &= 0.116 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Parabola bentuk dasar dapat diperoleh dengan persamaan:



$$y = \sqrt{2y_0x + y_0^2}$$

$$= \sqrt{2(0.116)x + (0.116)^2}$$

Dan diperoleh koordinat parabola sebagai berikut:

Tabel 4.28 Koordinat Parabola Garis Depresi

x	-0.058	1	2	3	4	5	6
y	0.001	0.495	0.690	0.842	0.969	1.082	1.185
x	7	8	9	10	11	12	12.420
y	1.279	1.366	1.448	1.526	1.600	1.671	1.700

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk harga  $\alpha = 27^\circ < 30^\circ$  maka menggunakan persamaan:

$$a + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha}$$

$$\frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d}{\cos \alpha}\right)^2 - \left(\frac{h}{\sin \alpha}\right)^2} + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha}$$

$$\frac{12.420}{\cos 27} - \sqrt{\left(\frac{12.420}{\cos 27}\right)^2 - \left(\frac{1.700}{\sin 27}\right)^2} + \Delta a = \frac{0.116}{1 - \cos 27}$$

$$13.939 - \sqrt{194.304 - 14.022} + \Delta a = 1.062$$

$$\Delta a = 0.550$$

$$C = \frac{\Delta a}{a + \Delta a} = \frac{0.226}{0.512 + 0.226}$$

$$= 0.518$$

Tinjauan stabilitas lereng tanggul terhadap longsor dengan menggunakan Metode Bishop diambil dari beberapa kondisi pembebanan yaitu:

1. Kondisi kosong
2. Kondisi muka air banjir
3. Kondisi muka air turun tiba-tiba

❖ Kondisi kosong tanpa beban gempa

1. Menentukan pusat bidang longsor dengan cara coba-coba di sepanjang garis vertikal yang melalui titik tengah garis lereng, coba-coba sampai didapatkan angka keamanan minimum.
2. Membagi bidang longsor menjadi beberapa bagian, kemudian masing-masing pias dihitung gaya berat (W). Pada contoh kali ini, untuk pias 1 didapatkan nilai:

$$W = b \cdot h \cdot \gamma$$

$$= (0.594) \cdot (0.419) \cdot (1.672)$$

$$= 0.416 \text{ ton}$$

- Menentukan sudut yang dibentuk oleh jari-jari bidang longsor ( $\alpha$ ) dengan arah gaya berat masing-masing pias. Nilai  $\alpha$  pada pias 1 =  $52^\circ$
- Menghitung momen yang menyebabkan geser pada bidang longsor pada tubuh tanggul:

$$\begin{aligned} T &= W \sin \alpha \\ &= (0.416)(\sin 52^\circ) \\ &= 0.328 \end{aligned}$$

- Menghitung angka kohesi tiap pias:

$$\begin{aligned} c' &= c.b \\ &= (0.57).(0.594) \\ &= 0.339 \end{aligned}$$

- Pada kondisi kosong maka tinggi air ( $z$ ) = 0, sehingga nilai tegangan air pori ( $u$ ):

$$\begin{aligned} u &= z \cdot \gamma_w \\ &= 0.1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. (W-ub) \cdot \tan \phi &= (0.416 - (0 \times 0.594)) \cdot \tan 15.99 \\ &= 0.119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8. (c.b) + (W-ub) \cdot \tan \phi &= (0.339) + (0.119) \\ &= 0.458 \end{aligned}$$

$$9. F_k \text{ coba-coba} = 1.851$$

$$\Sigma(c.b + (W-ub) \tan \phi') \times \left( \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{F_k}} \right) = 5.228$$

$$\begin{aligned} 10. F_k &= \frac{1}{\Sigma W \sin \alpha} \Sigma(c.b + (W-ub) \tan \phi') \times \left( \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{F_k}} \right) \\ &= \frac{1}{2.826} (5.228) \\ &= 1.850 \end{aligned}$$

- ❖ Kondisi muka air banjir dengan beban gempa

- Menghitung gaya berat total ( $W_{\text{tot}}$ ) tiap zona material yang merupakan jumlah dari gaya berat kering dan gaya berat basah, pada contoh ini, menggunakan pias 2:

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= W_1 + W_2 \\ &= (b.h.\gamma)_1 + (b.h.\gamma)_2 \\ &= ((1.000).(0.929).(1.672)) + ((1.000).(0.062).(1.722)) \\ &= 1.660 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Nilai  $\alpha$  pada pias 2 =  $40^\circ$
3. Menghitung momen yang menyebabkan geser pada bidang longsor pada tubuh tanggul:

$$\begin{aligned} T &= W \sin \alpha \\ &= (1.660)(\sin 40^\circ) \\ &= 1.067 \end{aligned}$$

4. Menghitung angka kohesi tiap pias:

$$\begin{aligned} c' &= c.b \\ &= (0.570).(1) \\ &= 0.570 \end{aligned}$$

5. tinggi air ( $z$ ) = 0.062, sehingga nilai tegangan air pori ( $u$ ):

$$\begin{aligned} u &= z.\gamma_w \\ &= 0.062.1 \\ &= 0.062 \end{aligned}$$

6. Komponen tangensial beban seismik dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} g &= k. W_{\text{tot.}} \cdot \sin \alpha \\ &= (0.150).(1.067).(\sin 40^\circ) \\ &= 0.160 \end{aligned}$$

7. Menghitung momen yang menahan bidang longsor:

$$\begin{aligned} (W-ub-g).\tan \phi &= (1.067-(0.062 \times 1.000)-0.160).\tan 15.99 \\ &= 0.412 \end{aligned}$$

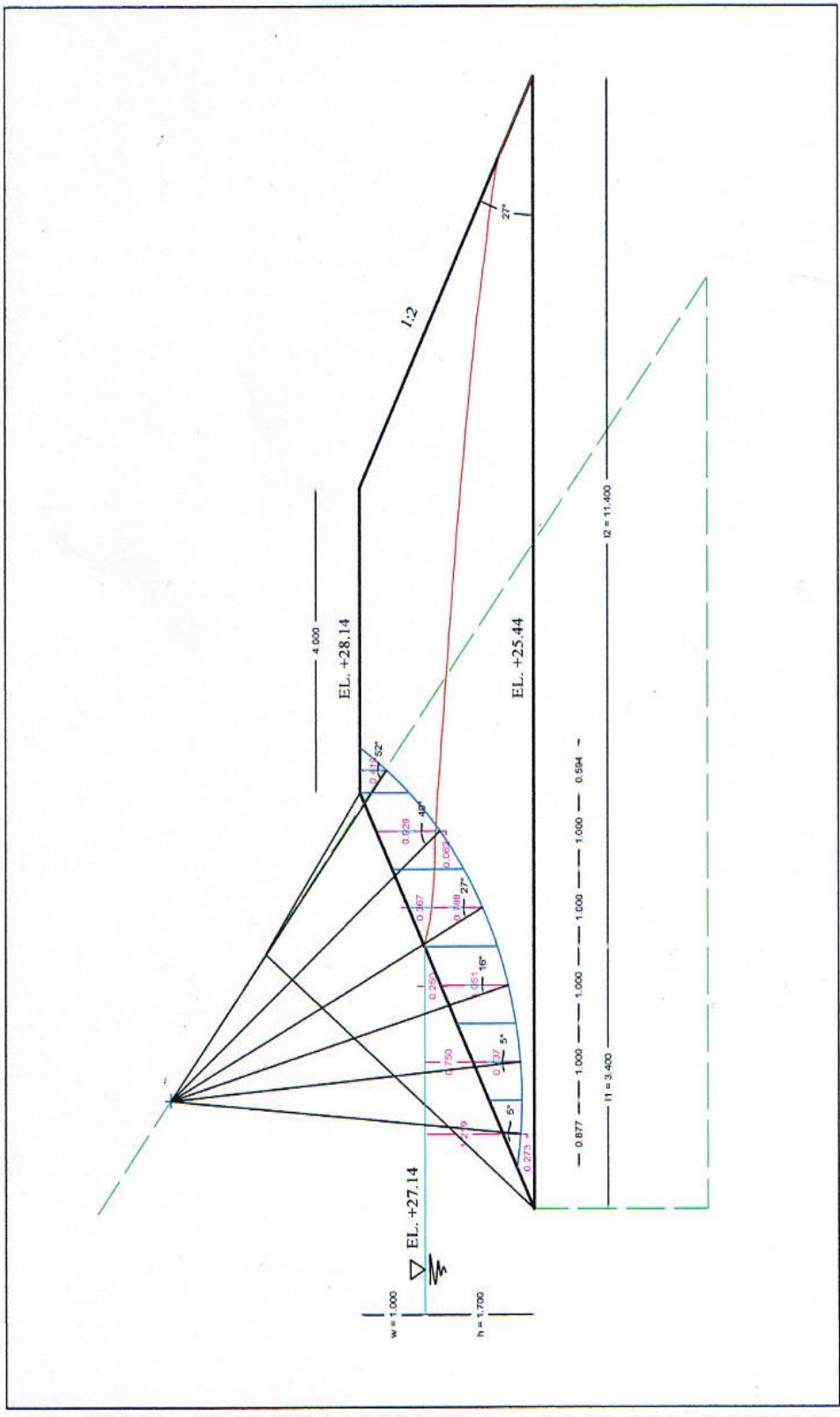
8.  $(c.b) + (W-ub-g).\tan \phi = (0.570) + (0.412)$   
 $= 0.982$

9. Fk coba-coba = 1.693

$$\Sigma(c.b + (W-ub) \tan \phi') \times \left( \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{Fk}} \right) = 4.912$$

10. Fk  $= \frac{1}{\Sigma W \sin \alpha} \Sigma(c.b + (W-ub) \tan \phi') \times \left( \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{Fk}} \right)$   
 $= \frac{1}{2.904}(4.912)$   
 $= 1.691$

Hasil perhitungan tinjauan stabilitas lereng tanggul pada kondisi yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.29 – Tabel 4.34



Gambar 4.9 Stabilitas Lereng Tanggul dengan Metode Bishop

Tabel 4.29 Perhitungan Stabilitas Lereng Tanggul pada Kondisi Kosong Tanpa Gempa

Pias	b (m)	h (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (t)	$\alpha$ (o)	$\sin\alpha$	W $\sin\alpha$ (t)	c (t/m <sup>2</sup> )	c.b (m)	z (m)	u (t/m <sup>2</sup> )	ub (t)	(W-ub) tan $\phi$ (t)	10+15 (t)	sec $\alpha$ $1 + \frac{\tan\phi \tan\alpha}{Fk}$									
															Fk	1.500	1.851							
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]							
1	0.594	0.419 0.000 0.000	1.672 1.722 1.000	0.416	52	0.788	0.328	0.570	0.339	0.000	0.000	0.000	0.416	0.119	0.458	1.305	0.997	0.999	0.597	0.457	1.500	1.953	1.851	
2	1.000	0.991 0.000 0.000	1.672 1.722 1.000	1.657	40	0.643	1.065	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.657	0.475	1.045	1.125	0.998	0.997	1.175	1.043	1.500	1.953	1.851	
3	1.000	1.155 0.000 0.000	1.672 1.722 1.000	1.931	27	0.454	0.877	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.931	0.553	1.123	1.023	0.999	0.997	1.149	1.122	1.500	1.953	1.851	
4	1.000	1.051 0.000 0.000	1.672 1.722 1.000	1.757	16	0.276	0.484	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.757	0.503	1.073	0.986	0.999	0.998	1.059	1.072	1.500	1.953	1.851	
5	1.000	0.737 0.000 0.000	1.672 1.722 1.000	1.232	5	0.087	0.107	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.232	0.353	0.923	0.987	1.000	1.000	0.911	0.923	1.500	1.953	1.851	
6	0.877	0.273 0.000 0.000	1.672 1.722 1.000	0.400	-5	-0.087	-0.035	0.570	0.500	0.000	0.000	0.000	0.400	0.115	0.615	1.021	1.000	1.000	0.627	0.615	1.500	1.953	1.851	
						$\Sigma$	2.826									$\Sigma$	5.519	5.231	5.228					

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

1. Nomor irisan bidang lurus (nomer pias)

2. Lebar tiap pias (b)

3. Tinggi tiap (h) pias

4. Berat volume tanah ( $\gamma$ )

5. Gaya berat tiap pias

6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran masing-masing pias

7. Sin sudut  $\alpha$

8. Beban komponen tangen sial yang timbul pada tiap pias (W . Sin $\alpha$ )

9. koehesi tanah (c)

10. angka kohesi efektif tiap pias (c.b)

11. tinggi air tiap pias (z)

12. u = z. $\gamma_w$

13. tinggi air pori x lebar tiap pias

14. W-ub

15. (W-ub-g) tan $\phi$

16. (c.b)-(W-ub-g) tan $\phi$

17. sec $\alpha$   $(1 + \frac{\tan\phi \tan\alpha}{Fk})$

18. [17]x[18]

Tabel 4.30 Perhitungan Stabilitas Lereng Tanggul pada Kondisi Muka Air Banjir Tanpa Gempa

Pias	b (m)	h (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (t)	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\sin \alpha$ (t)	W $\sin \alpha$ (t)	c (t/m <sup>2</sup> )	c.b (m)	z (m)	u (t/m <sup>2</sup> )	ub (t)	(W-ub) tan $\phi$ (t)	10+15 (t)	seca		16x17					
															$1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha}{Fk}$	Fk	1.500	1.835	1.736	1.500	1.835	1.736
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[18]				
1	0.594	0.419	1.672	0.416	52	0.788	0.328	0.570	0.339	0.000	0.000	0.000	0.416	0.119	0.458	1.305	0.997	0.999	0.597	0.457		
2	1.000	0.929	1.672	1.660	40	0.643	1.067	0.570	0.570	0.062	0.062	0.062	1.598	0.458	1.028	1.125	0.998	0.997	1.156	1.026	1.024	
3	1.000	0.788	1.722	1.971	27	0.454	0.895	0.570	0.570	0.788	0.788	0.788	1.183	0.339	0.909	1.023	0.999	0.997	0.930	0.908	0.906	
4	1.000	0.000	1.672	2.060	16	0.276	0.568	0.570	0.570	1.051	1.051	1.051	1.009	0.289	0.859	0.986	0.999	0.998	0.847	0.858	0.858	
5	1.000	0.737	1.722	2.019	5	0.087	0.176	0.570	0.570	0.737	0.737	0.737	1.282	0.367	0.937	0.987	1.000	0.999	0.926	0.937	0.937	
6	0.877	0.273	1.722	1.481	-5	-0.087	-0.129	0.570	0.500	0.273	0.273	0.239	1.242	0.356	0.856	1.021	1.000	1.000	0.874	0.856	0.856	
				$\Sigma$			2.904									$\Sigma$	5.330	5.042	5.039	2.904	2.904	
																				1.835	1.736	1.735

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- Nomor irisan bidang lancur (nomer pias)
- Lebar tiap pias (b)
- Tinggi tiap (h) pias
- Berat volume tanah ( $\gamma$ )
- Gaya berat tiap pias
- Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran masing-masing pias
- Sin sudut  $\alpha$

8. Beban komponen tangen sial yang timbul pada tiap pias (W . Sin  $\alpha$ )

9. kohesi tanah (c)

10. angka kohesi efektif tiap pias (c.b)

11. tinggi air tiap pias (z)

12. u = z. $\gamma_w$

13. tinggi air pori x lebar tiap pias

14. W-ub

15. (W-ub-g) tan  $\phi$

16. (c.b)-(W-ub-g) tan  $\phi$

17. seca  $(1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha}{Fk}) / Fk$

18. [17] x [18]

Tabel 4.31 Perhitungan Stabilitas lereng Tanggul pada Kondisi Muka Air Turun Tiba-tiba Tanpa Gempa

Pias	b (m)	h (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (t)	$\alpha$ (o)	$\sin\alpha$ (t)	W $\sin\alpha$ (t)	c (t/m <sup>2</sup> )	c.b (m)	z (m)	u (t/m <sup>2</sup> )	ub (t)	W-ub (t)	(W-ub) tan $\phi$ (t)	10+15		16x17							
															(t)	(t)	Fk	Fk						
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[18]						
1	0.594	0.419	1.672	0.416	52	0.788	0.328	0.570	0.339	0.000	0.000	0.000	0.416	0.119	0.458	1.305	0.997	0.999	0.597	0.457				
2	1.000	0.929	1.672	1.660	40	0.643	1.067	0.570	0.570	0.062	0.062	0.062	1.598	0.458	1.028	1.125	0.998	0.997	1.156	1.026	1.024			
3	1.000	0.367	1.672	1.971	27	0.454	0.895	0.570	0.570	0.788	0.788	0.788	1.183	0.339	0.909	1.023	0.999	0.997	0.930	0.908	0.906			
4	1.000	0.000	1.672	1.810	16	0.276	0.499	0.570	0.570	1.051	1.051	1.051	0.759	0.218	0.788	0.986	0.999	0.998	0.777	0.787	0.786			
5	1.000	0.000	1.672	1.269	5	0.087	0.111	0.570	0.570	0.737	0.737	0.737	0.532	0.153	0.723	0.987	1.000	1.000	0.713	0.722	0.722			
6	0.877	0.000	1.672	0.412	-5	-0.087	-0.036	0.570	0.500	0.273	0.273	0.239	0.173	0.050	0.549	1.021	1.000	1.000	0.561	0.550	0.550			
						$\Sigma$	2.863									$\Sigma$	4.735	4.449	4.446	2.863	2.863	1.654	1.554	1.553

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

1. Nomor irisan bidang lancar (nomer pias)
2. Lebar tiap pias (b)
3. Tinggi tiap (h) pias
4. Berat volume tanah ( $\gamma$ )
5. Gaya berat tiap pias
6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran masing-masing pias
7. Sin sudut  $\alpha$

8. Beban komponen tangen sial yang timbul pada tiap pias (W. Sin $\alpha$ )

9. kohesi tanah (c)

10. angka kohesi efektif tiap pias (c.b)

11. tinggi air tiap pias (z)

12. u = z $\cdot\gamma_w$

13. tinggi air pori x lebar tiap pias

14. W-ub

15. (W-ub-g) tan $\phi$

16. (c.b)-(W-ub-g) tan $\phi$

17. sec $\alpha(1+\tan\phi\tan\alpha)/Fk$

18. [17]x[18]

Tabel 4.32 Perhitungan Stabilitas Lereng Tanggul pada Kondisi Kosong dengan Gempa

Pias	b (m)	h (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (t)	$\alpha$ (°)	sin $\alpha$ (t)	W sin $\alpha$ (t)	g (t)	c (t/m <sup>2</sup> )	c.b (m)	z (m)	u (t/m <sup>2</sup> )	ub (t)	W-ub-g (W-ub-g) tan $\phi$	11+16 (t)	sec $\alpha$ $1 + \frac{\tan\theta \tan\alpha}{Fk}$		17x18					
																1.200	1.870	1.807	Fk	1.200	1.870	1.807	Fk
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]					
1	0.594	0.419	1.672	0.416	52	0.788	0.328	0.049	0.570	0.339	0.000	0.000	0.000	0.367	0.105	0.444	1.244	0.997	0.999	0.552	0.442	0.443	
2	1.000	0.991	1.672	1.657	40	0.643	1.065	0.160	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.497	0.429	0.999	1.087	0.997	0.996	1.086	0.996	0.995	
3	1.000	1.155	1.672	1.931	27	0.454	0.877	0.131	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.799	0.516	1.086	1.001	0.998	0.996	1.086	1.084	1.082	
4	1.000	1.051	1.672	1.757	16	0.276	0.484	0.073	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.684	0.483	1.053	0.974	0.999	0.998	1.025	1.051	1.051	
5	1.000	0.737	1.672	1.252	5	0.087	0.107	0.016	0.570	0.570	0.000	0.000	0.000	1.216	0.348	0.918	0.983	1.000	1.000	0.903	0.918	0.918	
6	0.877	0.273	1.672	0.400	-5	-0.087	-0.035	-0.005	0.570	0.500	0.000	0.000	0.000	0.405	0.116	0.616	1.025	1.000	1.000	0.632	0.616	0.616	
						$\Sigma$	2.826												$\Sigma$	5.284	5.108	5.104	
																				2.826	2.826	2.826	
																				1.870	1.807	1.806	

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

1. Nomor irisan bidang luncur (nomer pias)
2. Lebar tiap pias (b)
3. Tinggi tiap (h) pias
4. Berat volume tanah ( $\gamma$ )
- 5 Gaya berat tiap pias
6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran masing-masing pias
7. Sin sudut  $\alpha$
8. Beban komponen tangen sial yang timbul pada tiap pias (W. Sin $\alpha$ )
9. g = k. W sin $\alpha$
10. koehesi tanah (c)
11. angka koehesi efektif tiap pias (c.b)
12. tinggi air tiap pias (z)
13. u = z. $\gamma_w$
14. tinggi air pori x lebar tiap pias
15. W-ub-g
16. (W-ub-g) tan $\phi$
17. (c.b) + (W-ub-g) tan $\phi$
18. sec $\alpha$  / (1 + tan $\phi$  tan $\alpha$  / Fk)
19. [17] x [18]





Tabel 4.33 Perhitungan Stabilitas Lereng Tanggul pada Kondisi Muka Air Banjir dengan Gempa

Pias	b	h	γ	W	α	sinα	W sinα	g	c	c.b	z	u	ub	W-ub-g	(W-ub-g) tanφ	1.1+1.6	seca					
																	$1 + \frac{\tan\theta \tan\alpha}{Fk}$	Fk	17x18			
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]				
1	0.594	0.000	1.672	0.416	52	0.788	0.328	0.049	0.570	0.339	0.000	0.000	0.000	0.367	0.105	0.444	1.200	1.756	1.693	1.200	1.756	1.693
2	1.000	0.062	1.672	1.660	40	0.643	1.067	0.160	0.570	0.570	0.062	0.062	0.062	1.438	0.412	0.982	1.087	0.997	0.996	1.068	0.979	0.978
3	1.000	0.367	1.672	1.971	27	0.454	0.895	0.134	0.570	0.570	0.788	0.788	0.788	1.049	0.300	0.870	1.001	0.998	0.996	0.871	0.869	0.867
4	1.000	0.000	1.672	2.060	16	0.276	0.568	0.085	0.570	0.570	1.051	1.051	1.051	0.924	0.265	0.835	0.974	0.999	0.998	0.813	0.834	0.833
5	1.000	0.737	1.722	2.019	5	0.087	0.176	0.026	0.570	0.570	0.737	0.737	0.737	1.256	0.360	0.930	0.983	1.000	0.999	0.914	0.930	0.929
6	0.877	0.273	1.722	1.481	-5	-0.087	-0.129	-0.019	0.570	0.500	0.273	0.273	0.239	1.261	0.361	0.861	1.025	1.000	1.001	0.883	0.862	0.862
						Σ	2.904												Σ	5.101	4.916	4.912
																				2.904	2.904	2.904
																				1.756	1.693	1.691

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

1. Nomor irisan bidang lancur (nomor pias)

2. Lebar tiap pias (b)

3. Tinggi tiap (h)/pias

4. Berat volume tanah (γ)

5 Gaya berat tiap pias

6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran masing-masing pias

7. Sin sudut α

8. Beban komponen tangen sial yang timbul pada tiap pias (W. Sinα)

9. g = k. W sinα

10. kohesi tanah (c)

11. angka kohesi efektif tiap pias (c.b)

12. tinggi air tiap pias (z)

13. u = z.γw

14. tinggi air pori x lebar tiap pias

15. W-ub-g

16. (W-ub-g) tanφ

17. (c.b)+(W-ub-g) tanφ

18.  $\frac{\sec\alpha(1+\tan\theta\tan\alpha)}{Fk}$

19. [17]x[18]

Tabel 4.34 Perhitungan Stabilitas lereng Tanggul pada Kondisi Muka Air Turun Tiba-tiba

Pias	b (m)	h (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (t)	$\alpha$ (°)	$\sin\alpha$ (t)	W $\sin\alpha$ (t)	g k.[8]	c (t/m <sup>2</sup> )	c.b (m)	z (m)	u (t/m <sup>2</sup> )	ub (t)	W-ub-g (t)	(W-ub) tan $\phi$	sec $\alpha$		17x18					
																$1 + \frac{\tan\theta \tan\alpha}{Fk}$	Fk	1.200	1.574	1.510	Fk		
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]				
1	0.594	0.000	1.672	0.416	52	0.788	0.328	0.049	0.570	0.339	0.000	0.000	0.000	0.367	0.105	0.444	1.244	0.997	0.999	0.552	0.442	0.443	
2	1.000	0.929	1.672	1.660	40	0.643	1.067	0.160	0.570	0.570	0.062	0.062	0.062	1.438	0.412	0.982	1.087	0.997	0.996	1.068	0.979	0.978	
3	1.000	0.367	1.672	1.971	27	0.454	0.895	0.134	0.570	0.570	0.788	0.788	0.788	1.049	0.300	0.870	1.001	0.998	0.996	0.871	0.869	0.867	
4	1.000	0.000	1.672	1.810	16	0.276	0.499	0.075	0.570	0.570	1.051	1.051	1.051	0.684	0.196	0.766	0.974	0.999	0.998	0.746	0.765	0.765	
5	1.000	0.000	1.672	1.269	5	0.087	0.111	0.017	0.570	0.570	0.737	0.737	0.737	0.516	0.148	0.718	0.983	1.000	1.000	0.706	0.718	0.717	
6	0.877	0.000	1.672	0.412	-5	-0.087	-0.036	-0.005	0.570	0.500	0.273	0.273	0.239	0.178	0.051	0.551	1.025	1.000	1.000	0.565	0.551	0.551	
						$\Sigma$	2.863										$\Sigma$	4.508	4.325	4.321	2.863	2.863	2.863
																				1.574	1.510	1.509	

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

1. Nomor irisan bidang luncur (nomer pias)
2. Lebar tiap pias (b)
3. Tinggi tiap (h) pias
4. Berat volume tanah ( $\gamma$ )
5. Gaya berat tiap pias
6. Sudut yang dibentuk dari sumbu lingkaran masing-masing pias
7. Sin sudut  $\alpha$
8. Beban komponen tangen sial yang timbul pada tiap pias (W. Sin $\alpha$ )
9.  $g = k \cdot W \cdot \sin\alpha$
10. kohesi tanah (c)
11. angka kohesi efektif tiap pias (c.b)
12. tinggi air tiap pias (z)
13.  $u = z \cdot \gamma_w$
14. tinggi air pori x lebar tiap pias
15. W-ub-g
16. (W-ub-g) tan $\phi$
17. (c.b) + (W-ub-g) tan $\phi$
18. sec $\alpha = (1 + \frac{\tan\theta \tan\alpha}{Fk})$
19. [17] x [18]

#### 4.4. Perencanaan Dinding Penahan

Dinding penahan direncanakan dengan tujuan untuk menahan tanah dari bahaya longsor. Tekanan tanah yang dialami oleh bangunan berupa tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Dimana koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dihitung menggunakan persamaan berikut:

Tekanan tanah aktif:

$$\phi : 12.86^\circ$$

$$\alpha : 0$$

$$\theta_{\text{depan}} : 0^\circ$$

$$\theta_{\text{belakang}} : 15^\circ$$

$$\delta : \phi/3 = 4.287 \text{ (normal)}$$

$$: 0,5 \phi = 6.430 \text{ (gempa)}$$

$$k_h : 0.150$$

$$k_v : 1/3k_h = 0.050$$

$$\beta : \tan^{-1} \left( \frac{k_h}{1-k_v} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{0.15}{1-0.05} \right) = 8.973$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \alpha)} \right]^2}$$

$$= \frac{\cos^2(12.86 - 13)}{\cos^2 0 \cdot \cos(0 + 4.287) \left[ 1 + \frac{\sin(12.86 + 4.287) \sin(12.86 - 0)}{\cos(15 + 4.287) \cos(13 - 0)} \right]^2}$$

$$= 0.552$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta - \delta) \left[ 1 + \frac{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos(\delta - \theta) \cos(\alpha - \theta)} \right]^2}$$

$$= \frac{\cos^2(12.86 + 0)}{\cos^2 0 \cdot \cos(0 - 4.287) \left[ 1 + \frac{\sin(12.86 - 4.287) \sin(12.86 + 0)}{\cos(0 - 4.287) \cos(0 - 0)} \right]^2}$$

$$= 1.426$$

Gaya berat yang dipengaruhi oleh gempa dapat menimbulkan gaya yang bekerja ke arah horizontal. Besarnya gaya horizontal ini didapatkan dengan cara perkalian antara berat vertikal dengan koefisien gempa, dimana nilai koefisien gempa pada daerah studi ini adalah 0,15.

$$\begin{aligned}
 K_{ae} &= \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\beta \cos^2\theta \cos(\theta + \delta + \beta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - \alpha)}{\cos(\theta + \delta + \beta)\cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} \\
 &= \frac{\cos^2(12.86 - 15 - 6.430)}{\cos 8.79 \cos^2 15 \cos(15 + 6.430 + 8.973) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(12.86 + 6.43)\sin(12.86 - 8.97 - 0)}{\cos(15 + 6.43 + 8.973)\cos(15 - 0)}} \right]^2} \\
 &= 0.864
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{pe} &= \frac{\cos^2(\phi + \theta - \beta)}{\cos\beta \cos^2\theta \cos(-\theta + \delta + \beta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta + \alpha)}{\cos(-\theta + \delta + \beta)\cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} \\
 &= \frac{\cos^2(12.86 + 0 - 6.430)}{\cos 8.79 \cos^2 0 \cos(-0 + 6.430 + 8.973) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(12.86 + 6.43)\sin(12.86 - 8.97 - 0)}{\cos(-0 + 6.43 + 8.973)\cos(0 - 0)}} \right]^2} \\
 &= 1.455
 \end{aligned}$$

Perhitungan *uplift* pada kondisi kosong maupun banjir disajikan pada Tabel 4.27 dan Tabel 4.28.

Tabel 4.35 Perhitungan Gaya Vertikal Akibat *Uplift* pada Dinding Penahan dengan Kondisi Air Kosong

Panjang Creep =	2.833
Tinggi air di hulu =	0.750
Tinggi air di hilir =	1.400

Titik	Garis	Panjang Rembesan				H air	Uplift
		Vertikal	Horizontal	1/3.Horizontal	Jarak		
		[1]	[2]	[3]	[4]		
A					0.000	0.000	
B	A-B	1.000			1.000	0.000	0.979
C	B-C		2.500	0.833	1.833	0.250	1.171
D	C-D	1.000			2.833	0.250	
Panjang Rembesan Total					2.833		

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

- [ 1 ] = panjang rembesan vertikal tiap garis (m)
- [ 2 ] = panjang rembesan horizontal tiap garis (m)
- [ 3 ] = [ 2 ] \* 1/3
- [ 4 ] = jarak komulatif di tiap titik (m)
- [ 5 ] = tinggi air di tiap titik (m)
- [ 6 ] = gaya uplift (t/m)

Tabel 4.36 Perhitungan Gaya Vertikal Akibat *Uplift* pada Dinding Penahan dengan Kondisi Muka Air Banjir  $Q_{25th}$

Panjang Creep = 2.833  
 Tinggi air di hulu = 3.800  
 Tinggi air di hilir = 1.400

Titik	Garis	Panjang Rembesan				H air	Uplift
		Vertikal	Horizontal	1/3.Horizontal	Jarak		
		[ 1 ]	[ 2 ]	[ 3 ]	[ 4 ]		
A					0.000	0.000	
	A-B	1.000					
B					1.000	0.000	2.953
	B-C		2.500	0.833			
C					1.833	0.250	2.247
	C-D	1.000					
D					2.833	0.250	
Panjang Rembesan Total					2.833		

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

- [ 1 ] = panjang rembesan vertikal tiap garis (m)
- [ 2 ] = panjang rembesan horizontal tiap garis (m)
- [ 3 ] = [ 2 ] \* 1/3
- [ 4 ] = jarak komulatif di tiap titik (m)
- [ 5 ] = tinggi air di tiap titik (m)
- [ 6 ] = gaya uplift (t/m)

Kapasitas daya dukung pada daerah studi ini yang didapatkan dari hasil pengujian lapangan yaitu menggunakan hasil uji kerucut statis (sondir) yang dilakukan oleh konsultan perencana. Dan didapatkan  $q_c$  (tahanan konus) rata-rata sebesar 44,125 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Perhitungan daya dukung izin tanah berdasarkan data Sondir untuk fondasi bujur sangkar atau fondasi memanjang dengan lebar  $B \geq 1,20$  m adalah sebagai berikut:

$$q_a = \frac{q_c}{50} \left( \frac{B+0.30}{B} \right)^2 \quad \text{kg}/\text{cm}^2$$

$$q_a = \frac{44.125}{50} \left( \frac{2.5+0.30}{2.5} \right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1.107 \text{ kg/cm}^2 = 11.07 \text{ ton/m}^2$$

Analisa stabilitas konstruksi untuk kondisi normal dapat dilihat dari nilai stabilitas geser, stabilitas guling, eksentrisitas dan daya dukung. Perhitungan daya dukung adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas terhadap Guling:

$$SF = \frac{Mv}{Mh}$$

$$= \frac{18.092}{2.000}$$

$$= 9.044$$

Syarat stabilitas terhadap guling:

$$SF > 1,5 \quad (\text{SF dalam keadaan normal})$$

$$\text{maka, } 9.044 > 1,5 \quad \dots\dots\dots \text{memenuhi syarat}$$

2. Stabilitas terhadap Geser:

Dengan:  $f = 0.30$

$$SF = \frac{\sum V \cdot f}{\sum H}$$

$$= \frac{13.231 \times 0.30}{2.090}$$

$$= 1.899$$

Syarat stabilitas terhadap guling:

$$SF > 1,2 \quad (\text{SF dalam keadaan gempa})$$

$$\text{maka } 1.899 > 1,2 \quad \dots\dots\dots \text{memenuhi syarat}$$

3. Nilai eksentrisitas:

$$e = \left| \frac{\sum Mv - \sum Mh}{\sum V} - \frac{B}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{18.092 - 2.000}{13.231} - \frac{2.500}{2} \right|$$

$$= 0,034$$

Syarat eksentrisitas:

$$e \leq \frac{B}{6}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } e &\leq \frac{2.500}{6} \\ 0.034 &\leq 0.417 \dots\dots\dots \text{memenuhi syarat} \end{aligned}$$

4. Daya Dukung:

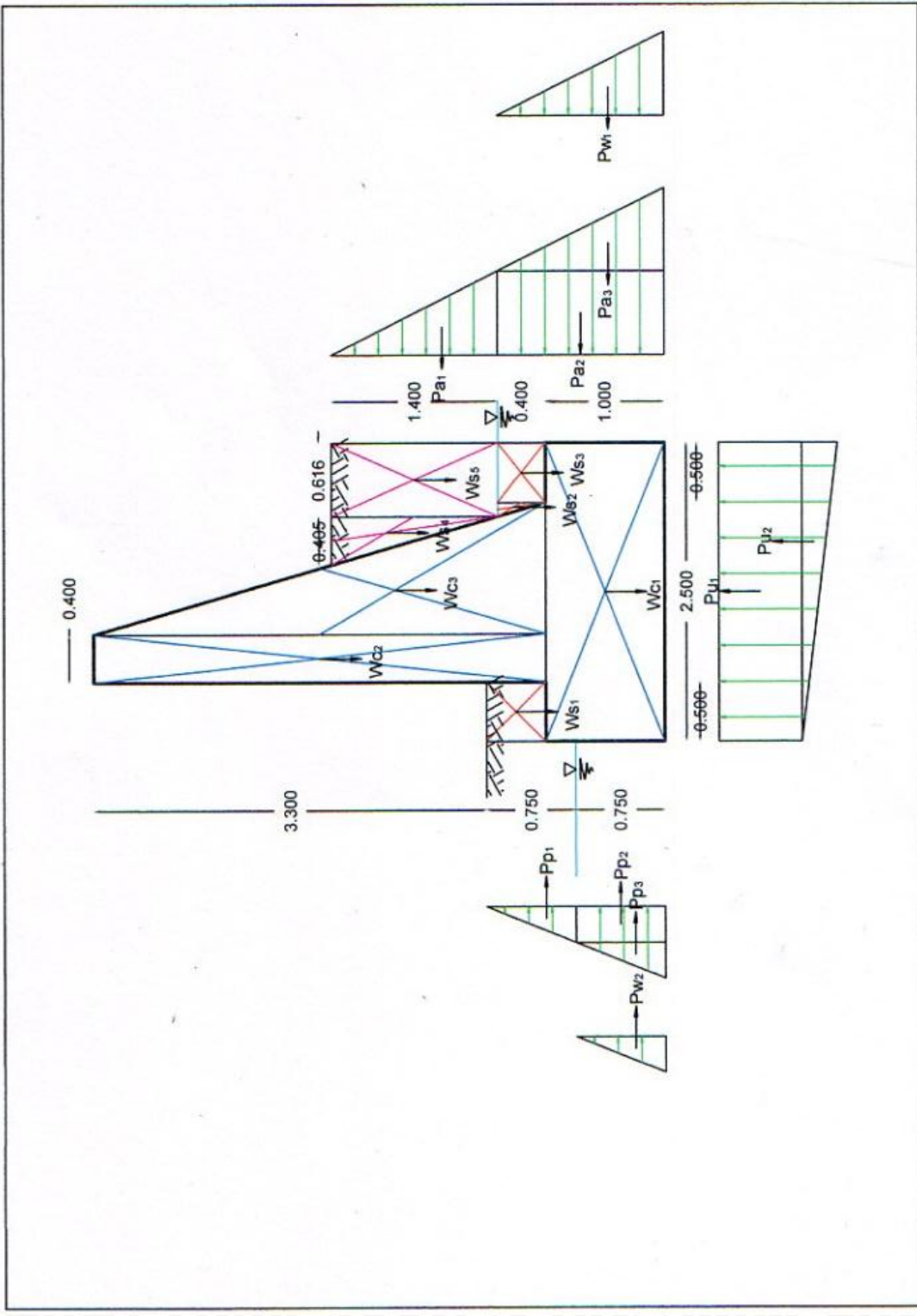
$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{\Sigma V}{A} \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) \\ &= \frac{13.231}{2.500 \times 1.000} \left( 1 + \frac{6 \cdot 0,034}{2.500} \right) \\ &= 5.721 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{\min} &= \frac{\Sigma V}{A} \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right) \\ &= \frac{13.231}{2.500 \times 1.000} \left( 1 - \frac{6 \cdot 0,034}{2.500} \right) \\ &= 4.863 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat daya dukung:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} \text{ dan } \sigma_{\min} &< \text{Daya dukung izin tanah} \\ \sigma_{\max} = 5.721 \text{ t/m}^2 &< 11.07 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{memenuhi syarat} \\ \sigma_{\min} = 4.863 \text{ t/m}^2 &< 11.07 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{memenuhi syarat} \end{aligned}$$

Perhitungan analisis stabilitas pada berbagai kondisi disajikan pada Tabel 4.37 sampai dengan Tabel 4.40. Diagram gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sesuai dengan kondisi yang dianalisis disajikan pada Gambar 4.9. sampai dengan Gambar 4.13.



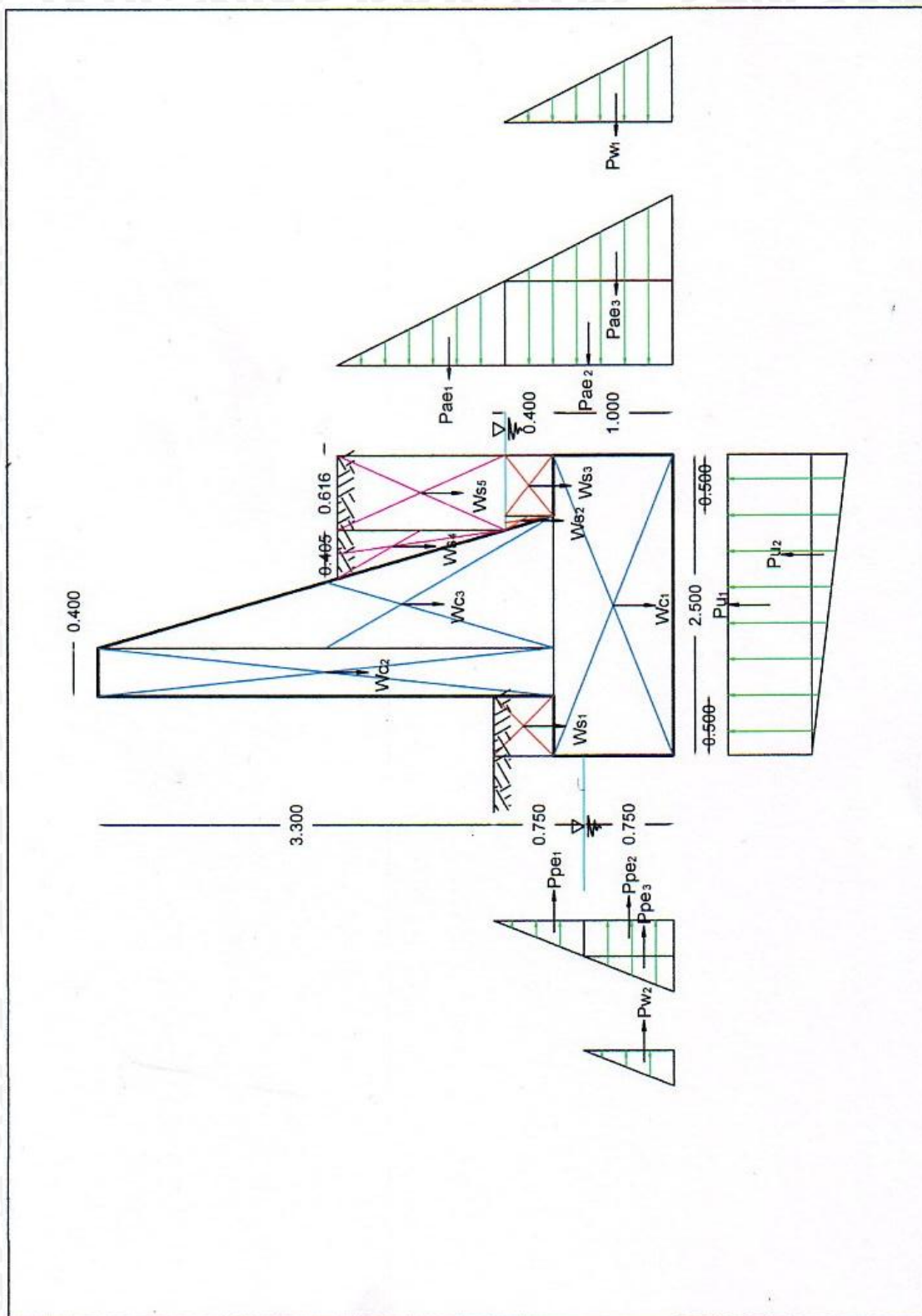


Gambar 4.10 Diagram Gaya pada Dinding Penahan Kondisi Kosong-Normal



Tabel 4.37 Analisa Stabilitas Dinding Penahan Gravitasi Kondisi Kosong Normal

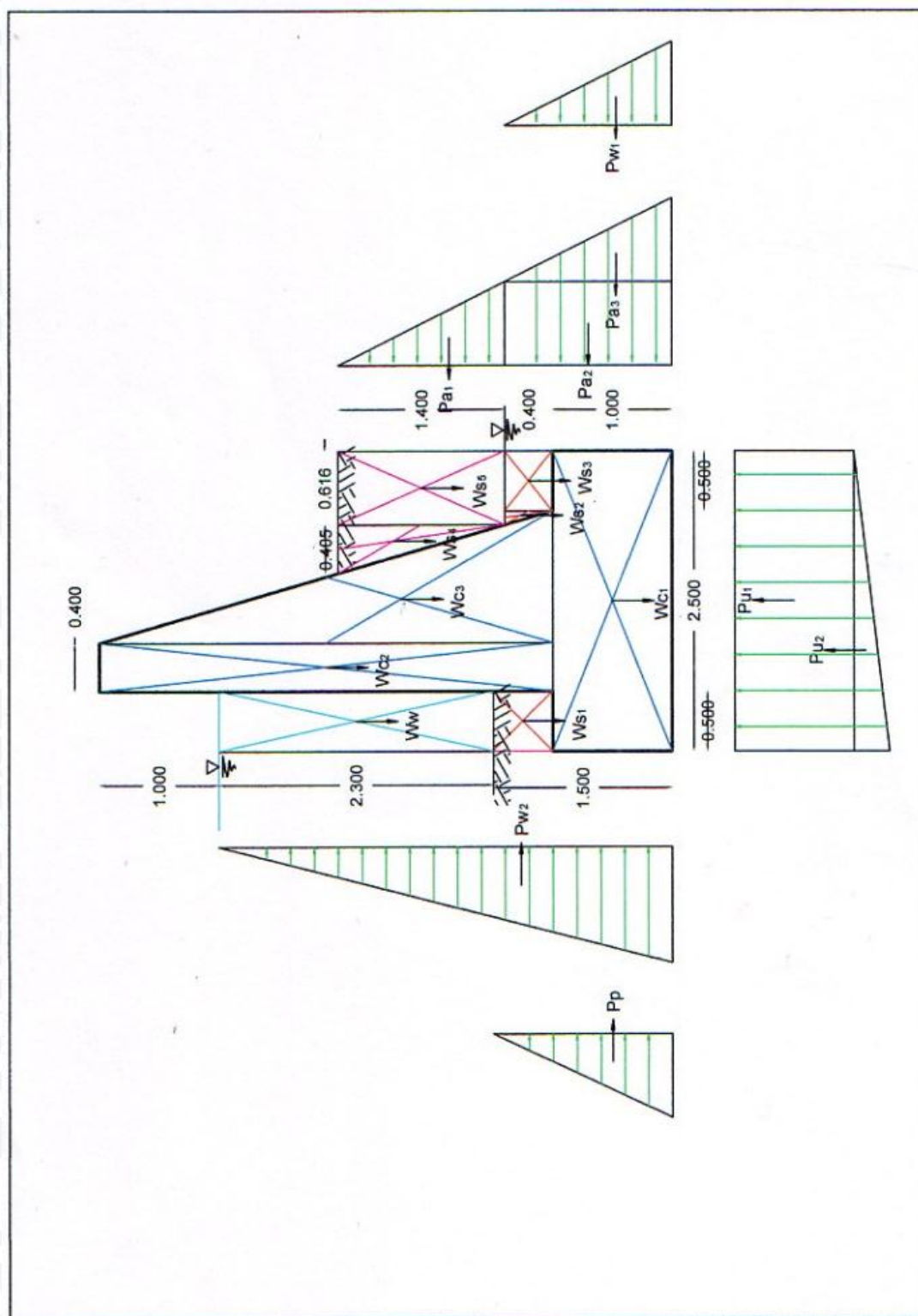
Notasi	Nilai				Volume (m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Gaya		Lengan Momen		Momen		
	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang (m)	Ratio			Pv (t)	Ph (t)	x (m)	y (m)	Mx (t.m)	My (t.m)	
	[1]	[2]	[3]	[4]			[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
Wc <sub>1</sub>	2.500	1.000	1.000	1.000	2.500	2.200	5.500		1.250		6.875		
Wc <sub>2</sub>	0.400	3.800	1.000	1.000	1.520	2.200	3.344		0.700		2.341		
Wc <sub>3</sub>	1.100	3.800	1.000	0.500	2.090	2.200	4.598		1.267		5.826		
Ws <sub>1</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	1.570	0.314		0.250		0.079		
Ws <sub>2</sub>	0.116	0.400	1.000	0.500	0.023	1.626	0.038		1.961		0.074		
Ws <sub>3</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	1.626	0.325		2.550		0.829		
Ws <sub>4</sub>	0.405	1.400	1.000	0.500	0.284	1.570	0.445		1.750		0.779		
Ws <sub>5</sub>	0.616	1.400	1.000	1.000	0.862	1.570	1.354		2.206		2.987		
Pa <sub>1</sub>	Ka	H <sub>1</sub>	$\gamma$	0.500	H <sub>1</sub>								
	0.552	1.400	1.570	0.500	1.400		0.849		1.867		1.585		
Pa <sub>2</sub>	Ka	H <sub>1</sub>	$\gamma$	H <sub>2</sub>									
	0.552	1.400	1.570	1.400			1.698		0.700		1.189		
Pa <sub>3</sub>	Ka	$\gamma$ sub	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>								
	0.552	0.626	1.400	0.500	1.400		0.339		0.467		0.158		
Pw <sub>1</sub>	$\gamma$ w	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>									
	1.000	1.400	0.500	1.400			0.980		0.467		0.457		
Pp <sub>1</sub>	Kp	H <sub>3</sub>	$\gamma$	H <sub>3</sub>	0.500								
	1.426	0.750	1.570	0.750			-1.259		1.000		-1.259		
Pp <sub>2</sub>	Kp	$\gamma$	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>									
	1.426	1.570	0.750	0.750			0.000		0.375		0.000		
Pp <sub>3</sub>	Kp	$\gamma$ sub	H <sub>4</sub>	0.500	H <sub>4</sub>								
	1.000	0.626	0.750	0.500	0.750		-0.235		0.250		-0.059		
Pw <sub>2</sub>	$\gamma$ w	H <sub>4</sub>	0.500	H <sub>4</sub>									
	1.000	0.750	0.500	0.750			-0.281		0.250		-0.070		
Pu <sub>1</sub>	2.500	0.979	1.000	1.000			-2.44853		0.681		-1.667		
Pu <sub>2</sub>	2.500	0.191	1.000	0.500			-0.23897		0.127		-0.030		
<b>Total</b>						$\Sigma V$	13.231		$\Sigma M_v$	18.092			
						$\Sigma H$	2.090		$\Sigma M_h$		2.000		
<b>Angka keamanan terhadap guling dan geser kondisi normal :</b>													
SF Guling	$\Sigma M_v/\Sigma M_h$	9.044	> 1.5 Aman										
SF Geser	(f. $\Sigma V$ )/ $\Sigma H$	1.899	> 1.5 Aman										
f	0.3												
B	2.500												
<b>Kontrol terhadap eksentrisitas dan daya dukung ijin:</b>													
Eksentrisitas													
e	0.034	<	L/6	0.417	OK								
Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi di bawah dasar pondasi													
Tegangan ijin tanah	=	11.07 t/m <sup>2</sup>											
Tegangan maks	=	5.721 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Tegangan min	=	4.863 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Sumber: Hasil Perhitungan													
Keterangan													
[1]	= lebar tiap bagian (m)						[7]	= gaya vertikal (t)					
[2]	= tinggi tiap bagian (m)							= [5]*[6]					
[3]	= panjang konstruksi, tiap 1 meter panjang						[8]	= gaya horizontal (t)					
[4]	= 1 digunakan untuk penampang persegi atau persegi panjang						[9]	= lengan momen gaya berat konstruksi (m)					
	= 0,5 digunakan untuk penampang segitiga						[10]	= lengan momen gaya horizontal (m)					
[5]	= Volume m <sup>3</sup>						[11]	= momen (t.m)					
	= [1]*[2]*[3]*[4]							= [7]*[9]					
[6]	= berat jenis Pasangan Batu = 2,20 (t/m <sup>3</sup> )						[12]	= momen (t.m)					
	= berat jenis tanah timbunan = 1.57 (t/m <sup>3</sup> )							= [8]*[10]					



Gambar 4.11 Dinding Gaya pada Dinding Penahan Kondisi Kosong-Gempa

Tabel 4.38 Analisa Stabilitas Dinding Penahan Gravitasi Kondisi Kosong Gempa

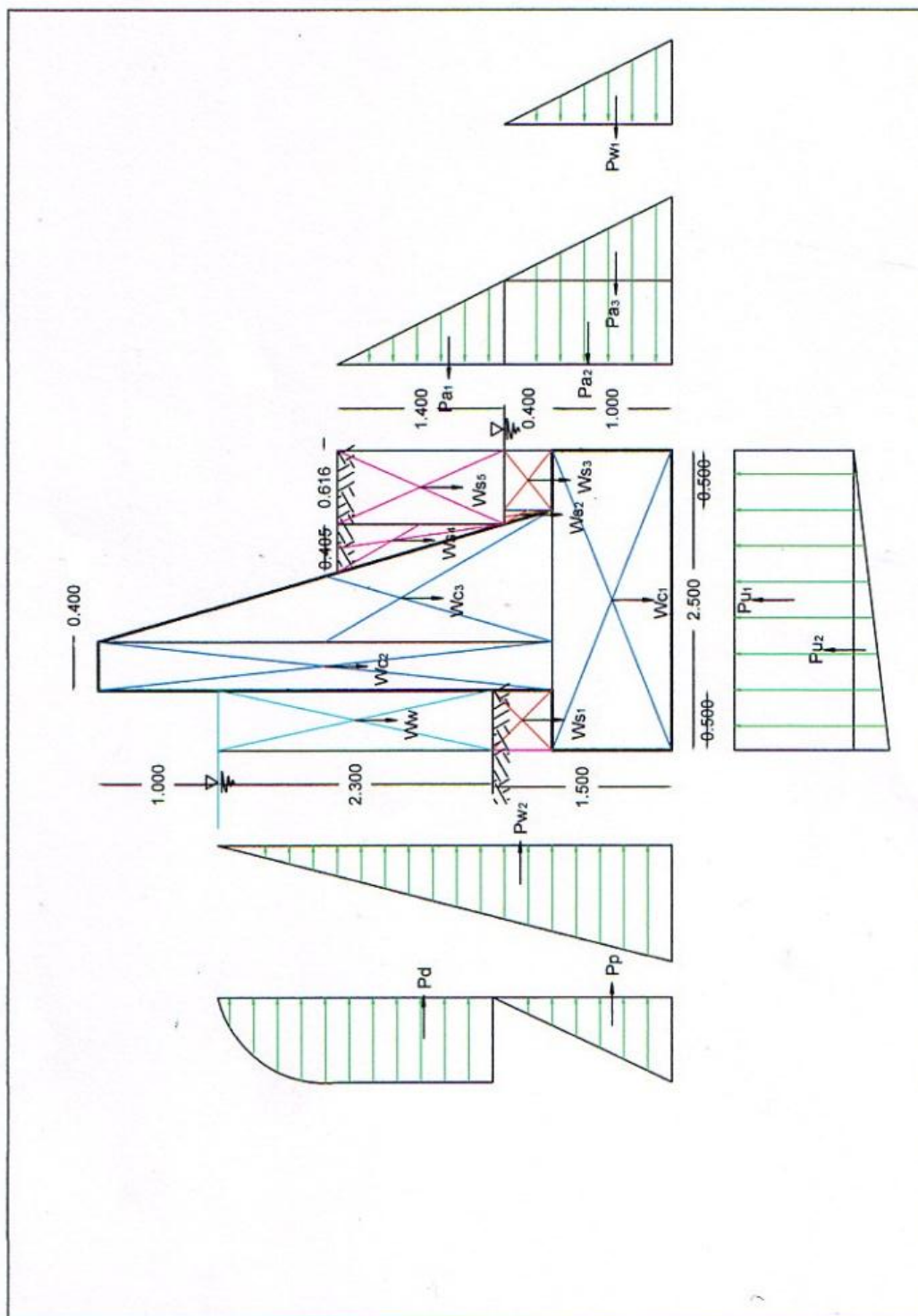
Notasi	Nilai				Volume (m <sup>3</sup> ) [5]	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> ) [6]	Gaya		Lengan Momen		Momen		
	Lebar (m) [1]	Tinggi (m) [2]	Panjang (m) [3]	Ratio [4]			Pv (t) [7]	Ph (t) [8]	x (m) [9]	y (m) [10]	Mx (t.m) [11]	My (t.m) [12]	
	Wc <sub>1</sub>	2.500	1.000	1.000			1.000	2.500	2.200	5.500		1.250	
Wc <sub>2</sub>	0.400	3.800	1.000	1.000	1.520	2.200	3.344		0.700		2.341		
Wc <sub>3</sub>	1.100	3.800	1.000	0.500	2.090	2.200	4.598		1.267		5.826		
Ws <sub>1</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	1.570	0.314		0.250		0.079		
Ws <sub>2</sub>	0.116	0.400	1.000	0.500	0.023	1.626	0.038		1.961		0.074		
Ws <sub>3</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	1.626	0.325		2.550		0.829		
Ws <sub>4</sub>	0.405	1.400	1.000	0.500	0.284	1.570	0.445		1.750		0.779		
Ws <sub>5</sub>	0.616	1.400	1.000	1.000	0.862	1.570	1.354		2.206		2.987		
Pae <sub>1</sub>	Kae	H <sub>1</sub>	$\gamma$	0.500	H <sub>1</sub>								
	0.864	1.400	1.570	0.500	1.400		1.329		1.867		2.480		
Pae <sub>2</sub>	Kae	H <sub>1</sub>	$\gamma$	H <sub>2</sub>			2.658		0.700		1.860		
	0.864	1.400	1.570	1.400									
Pae <sub>3</sub>	Kae	$\gamma_{sub}$	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>								
	0.864	0.626	1.400	0.500	1.400		0.530		0.467		0.247		
Pw <sub>1</sub>	$\gamma_w$	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>									
	1.000	1.400	0.500	1.400			0.980		0.467		0.457		
Ppe <sub>1</sub>	Kpe	H <sub>3</sub>	$\gamma$	H <sub>3</sub>	0.500								
	1.455	0.750	1.570	0.750			-1.285		1.000		-1.285		
Ppe <sub>2</sub>	Kpe	$\gamma$	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>									
	1.455	1.570	0.750	0.750			-1.285		0.375		-0.482		
Ppe <sub>3</sub>	Kpe	$\gamma_{sub}$	H <sub>4</sub>	0.500	H <sub>4</sub>								
	1.000	0.626	0.750	0.500	0.750		-0.235		0.250		-0.059		
Pw <sub>2</sub>	$\gamma_w$	H <sub>4</sub>	0.500	H <sub>4</sub>									
	1.000	0.750	0.500	0.750			-0.281		0.250		-0.070		
Pu <sub>1</sub>	2.500	0.979	1.000	1.000			-2.44853		0.681		-1.667		
Pu <sub>2</sub>	2.500	0.191	1.000	0.500			-0.23897		0.127		-0.030		
<b>Total</b>						$\Sigma V$	13.231			$\Sigma M_v$	18.092		
						$\Sigma H$		2.411		$\Sigma M_h$		3.150	
<b>Angka keamanan terhadap guling dan geser kondisi normal :</b>													
SF Guling	$\Sigma M_v / \Sigma M_h$	5.744	> 1.5 Aman										
SF Geser	$(f \cdot \Sigma V) / \Sigma H$	1.647	> 1.5 Aman										
f	0.3												
B	2.500												
<b>Kontrol terhadap eksentrisitas dan daya dukung ijin:</b>													
Eksentrisitas	e	0.121	<	L/6	0.417	OK							
Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi di bawah dasar pondasi													
Tegangan ijin tanah	=	11.07 t/m <sup>2</sup>											
Tegangan maks	=	6.825 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Tegangan min	=	3.760 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Sumber: Hasil Perhitungan													
Keterangan													
[1]	= lebar tiap bagian (m)						[7]	= gaya vertikal (t)					
[2]	= tinggi tiap bagian (m)						[8]	= [5]*[6]					
[3]	= panjang konstruksi, tiap 1 meter panjang						[9]	= gaya horizontal (t)					
[4]	= 1 digunakan untuk penampang persegi atau persegi panjang = 0,5 digunakan untuk penampang segitiga						[10]	= lengan momen gaya berat konstruksi (m)					
[5]	= Volume m <sup>3</sup> = [1]*[2]*[3]*[4]						[11]	= momen (t.m) = [7]*[9]					
[6]	= berat jenis Pasangan Batu = 2,20 (t/m <sup>3</sup> ) = berat jenis tanah timbunan = 1.57 (t/m <sup>3</sup> )						[12]	= momen (t.m) = [8]*[10]					



Gambar 4.12 Diagram Gaya pada Dinding Penahan Kondisi Banjir-Normal

Tabel 4.39 Analisa Stabilitas Dinding Penahan Gravitasi Kondisi Banjir Normal

Notasi	Nilai				Volume	$\gamma$	Gaya		Lengan Momen		Momen		
	Lebar	Tinggi	Panjang	Ratio			Pv	Ph	x	y	Mx	My	
	(m)	(m)	(m)				(t)	(t)	(m)	(m)	(t.m)	(t.m)	
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	
Wc <sub>1</sub>	2.500	1.000	1.000	1.000	2.500	2.200	5.500		1.250		6.875		
Wc <sub>2</sub>	0.400	3.800	1.000	1.000	1.520	2.200	3.344		0.700		2.341		
Wc <sub>3</sub>	1.100	3.800	1.000	0.500	2.090	2.200	4.598		1.267		5.826		
Ws <sub>1</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	1.570	0.314		0.250		0.079		
Ws <sub>2</sub>	0.116	0.400	1.000	0.500	0.023	0.626	0.015		1.961		0.029		
Ws <sub>3</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	0.626	0.125		2.550		0.319		
Ws <sub>4</sub>	0.405	1.400	1.000	0.500	0.284	1.570	0.445		1.750		0.779		
Ws <sub>5</sub>	0.616	1.400	1.000	1.000	0.862	1.570	1.354		2.206		2.987		
Ww	0.500	2.300	1.000	1.000	1.150	1.000	1.150		0.250		0.288		
Pae <sub>1</sub>	Kae	H <sub>1</sub>	$\gamma$	0.500	H <sub>1</sub>								
	0.864	1.400	1.570	0.500	1.400			1.329		1.867		2.480	
Pae <sub>2</sub>	Kae	H <sub>1</sub>	$\gamma$	H <sub>2</sub>									
	0.864	1.400	1.570	1.400				2.658		0.700		1.860	
Pae <sub>3</sub>	Kae	$\gamma_{sub}$	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>								
	0.864	0.626	1.400	0.500	1.400			0.530		0.467		0.247	
Pw <sub>1</sub>	$\gamma_w$	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>									
	1.000	1.400	0.500	1.400				0.980		0.467		0.457	
Pw <sub>2</sub>	$\gamma_w$	H <sub>3</sub>	0.500	H <sub>3</sub>									
	1.000	3.800	0.500	3.800				-3.920		1.267		-4.965	
Pp	Kp	$\gamma$	H <sub>4</sub>	H <sub>4</sub>									
	1.455	0.626	1.500	1.500				-2.051		0.500		-1.025	
Pd	7/12	Kh	H <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>									
	0.583	0.150	3.800	3.800				-1.264		1.520		-1.921	
Pu <sub>1</sub>	2.500	2.247	1.000	1.000									
								-5.618		1.124		-6.312	
Pu <sub>2</sub>	2.500	0.706	1.000	0.500									
								-0.882		2.482		-2.190	
<b>Total</b>						$\Sigma V$	10.345			$\Sigma M_v$	11.019		
						$\Sigma H$		-1.738		$\Sigma M_h$		-2.866	
<b>Angka keamanan terhadap guling dan geser kondisi normal :</b>													
SF Guling	$\Sigma M_v/\Sigma M_h$	3.845	> 1.5 Aman										
SF Geser	$(f \cdot \Sigma V)/\Sigma H$	1.786	> 1.5 Aman										
f	0.3												
B	2.500												
<b>Kontrol terhadap eksentrisitas dan daya dukung ijin:</b>													
Eksentrisitas													
e	0.092	<	L/6	0.417	OK								
Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi di bawah dasar pondasi													
Tegangan ijin tanah	=	11.07 t/m <sup>2</sup>											
Tegangan maks	=	5.054 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Tegangan min	=	3.222 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Sumber: Hasil Perhitungan													
Keterangan													
[1]	= lebar tiap bagian (m)						[7]	= gaya vertikal (t)					
[2]	= tinggi tiap bagian (m)						[5]*[6]						
[3]	= panjang konstruksi, tiap 1 meter panjang						[8]	= gaya horizontal (t)					
[4]	= 1 digunakan untuk penampang persegi atau persegi panjang = 0,5 digunakan untuk penampang segitiga						[9]	= lengan momen gaya berat konstruksi (m)					
[5]	= Volume m <sup>3</sup>						[10]	= lengan momen gaya horizontal (m)					
	= [1]*[2]*[3]*[4]						[11]	= momen (t.m)					
[6]	= berat jenis Pasangan Batu = 2,20 (t/m <sup>3</sup> )						[12]	= momen (t.m)					
	= berat jenis tanah timbunan = 1.57 (t/m <sup>3</sup> )						[8]*[10]						



Gambar 4.12 Diagram Gaya pada Dinding Penahan Kondisi Banjir-Normal

Tabel 4.40 Analisa Stabilitas Dinding Penahan Gravitasi Kondisi Banjir Gempa

Notasi	Nilai				Volume (m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Gaya		Lengan Momen		Momen		
	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang (m)	Ratio			Pv (t)	Ph (t)	x (m)	y (m)	Mx (t.m)	My (t.m)	
	[1]	[2]	[3]	[4]			[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
Wc <sub>1</sub>	2.500	1.000	1.000	1.000	2.500	2.200	5.500		1.250		6.875		
Wc <sub>2</sub>	0.400	3.800	1.000	1.000	1.520	2.200	3.344		0.700		2.341		
Wc <sub>3</sub>	1.100	3.800	1.000	0.500	2.090	2.200	4.598		1.267		5.826		
Ws <sub>1</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	1.570	0.314		0.250		0.079		
Ws <sub>2</sub>	0.116	0.400	1.000	0.500	0.023	0.626	0.015		1.961		0.029		
Ws <sub>3</sub>	0.500	0.400	1.000	1.000	0.200	0.626	0.125		2.550		0.319		
Ws <sub>4</sub>	0.405	1.400	1.000	0.500	0.284	1.570	0.445		1.750		0.779		
Ws <sub>5</sub>	0.616	1.400	1.000	1.000	0.862	1.570	1.354		2.206		2.987		
Ww	0.500	2.300	1.000	1.000	1.150	1.000	1.150		0.250		0.288		
Pae <sub>1</sub>	Kae	H <sub>1</sub>	$\gamma$	0.500	H <sub>1</sub>								
	0.864	1.400	1.570	0.500	1.400			1.329		1.867		2.480	
Pae <sub>2</sub>	Kae	H <sub>1</sub>	$\gamma$	H <sub>2</sub>									
	0.864	1.400	1.570	1.400				2.658		0.700		1.860	
Pae <sub>3</sub>	Kae	$\gamma$ sub	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>								
	0.864	0.626	1.400	0.500	1.400			0.530		0.467		0.247	
Pw <sub>1</sub>	$\gamma$ w	H <sub>2</sub>	0.500	H <sub>2</sub>									
	1.000	1.400	0.500	1.400				0.980		0.467		0.457	
Pw <sub>2</sub>	$\gamma$ w	H <sub>3</sub>	0.500	H <sub>3</sub>									
	1.000	2.300	0.500	2.300				-2.645		2.267		-5.995	
Pp	Kp	$\gamma$	H <sub>4</sub>	H <sub>4</sub>									
	1.455	0.626	1.500	1.500				-2.051		0.500		-1.025	
Pw <sub>3</sub>	$\gamma$ w	H <sub>4</sub>	0.500	H <sub>4</sub>									
	1.000	1.500	0.500	1.500				-1.125		0.500		-0.563	
Pd	7/12	Kh	H <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>									
	0.583	0.150	2.300	2.300				-0.463		0.920		-0.426	
Pu <sub>1</sub>	2.500	2.247	1.000	1.000				-5.618		1.124		-6.312	
Pu <sub>2</sub>	2.500	0.706	1.000	0.500				-0.882		2.482		-2.190	
<b>Total</b>						$\Sigma V$	10.345			$\Sigma Mv$	11.019		
						$\Sigma H$		-0.787		$\Sigma Mh$		-2.964	
<b>Angka keamanan terhadap guling dan geser kondisi normal :</b>													
SF Guling	$\Sigma Mv/\Sigma Mh$	3.718	> 1.5 Aman										
SF Geser	(f. $\Sigma V$ )/ $\Sigma H$	3.943	> 1.5 Aman										
f	0.3												
B	2.500												
<b>Kontrol terhadap eksentrisitas dan daya dukung ijin:</b>													
Eksentrisitas													
e	0.102	<	L/6	0.417	OK								
Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi di bawah dasar pondasi													
Tegangan ijin tanah	=	11.07 t/m <sup>2</sup>											
Tegangan maks	=	5.148 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Tegangan min	=	3.128 t/m <sup>2</sup> < Tegangan ijin tanah , Aman											
Sumber: Hasil Perhitungan													
Keterangan													
[1]	= lebar tiap bagian (m)						[7]	= gaya vertikal (t)					
[2]	= tinggi tiap bagian (m)							= [5]*[6]					
[3]	= panjang konstruksi, tiap 1 meter panjang						[8]	= gaya horizontal (t)					
[4]	= 1 digunakan untuk penampang persegi atau persegi panjang						[9]	= lengan momen gaya berat konstruksi (m)					
	= 0.5 digunakan untuk penampang segitiga						[10]	= lengan momen gaya horizontal (m)					
[5]	= Volume m <sup>3</sup>						[11]	= momen (t.m)					
	= [1]*[2]*[3]*[4]						[12]	= [7]*[9]					
[6]	= berat jenis Pasangan Batu = 2.20 (t/m <sup>3</sup> )							= [8]*[10]					
	= berat jenis tanah timbunan = 1.57 (t/m <sup>3</sup> )												