

BAB IV

ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. TINJAUAN UMUM

Dalam rangka perencanaan bangunan dam yang dilengkapi PLTMH di kampus Tembalang ini sebagai langkah awal dilakukan pengumpulan data-data. Adapun data-data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan maupun perencanaan teknis. Dalam analisa dan pengolahan data dilakukan analisa hidrologi dan perhitungannya yang menghasilkan debit banjir rencana dan debit andalan. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui volume reservoir berdasarkan debit banjir rencana, debit andalan dapat ditentukan tinggi air minimum, tinggi air normal dan elevasi puncak dam. Direncanakan pula debit yang melimpah melalui spillway untuk menentukan desain spillway.

4.2. PENENTUAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan berdasar pada peta rupabumi skala 1 : 11.500 (Pemerintah Kota Semarang, Dinas Pekerjaan Umum 1999 - 2000). DAS Dam Tembalang berdasar peta tersebut mempunyai luasan sebesar 6,27 km², dengan rencana lokasi tapak dam berada pada Sungai Gambir, di Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kotamadya Semarang. Penentuan luasan ini dengan menggunakan program komputer Auto CAD 2004.

4.3. ANALISA HIDROLOGI

Analisa hidrologi dalam perencanaan dam ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

4.3.1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Gunungpati

Curah Hujan (mm)													
Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	Total
1981	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	197	197
1982	149	89	67	49	0	0	0	0	0	0	30	80	464
1983	58	47	37	R	64	0	0	0	0	83	56	58	403
1984	64	83	63	69	39	43	19	0	106	89	53	54	682
1985	68	198	51	69	59	32	R	R	R	R	R	R	477
1986	77	53	86	51	31	39	39	52	57	31	51	134	701
1987	149	93	97	61	33	14	20	0	0	9	43	143	662
1988	145	65	87	48	84	25	12	8	10	74	50	175	783
1989	75	136	87	63	36	39	42	8	18	24	40	113	681
1990	179	34	123	38	37	25	71	31	16	29	21	79	683
1991	107	39	48	57	37	0	0	0	0	0	47	47	382
1992	92	70	48	42	31	26	0	65	48	81	36	R	539
1993	R	R	R	34	63	57	10	12	17	0	0	53	246
1994	60	33	132	42	16	0	0	0	0	17	22	32	354
1995	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1996	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1997	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1998	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1999	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
2000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
Rata-rata	102	80,4	82,2	52,2	42,4	27,3	21	17,6	27,2	35,4	36,3	92,2	518,1

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kedung Bangkong

Curah Hujan (mm)													Total
Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	
1981	5	33	70	80	60	70	260	30	55	50	50	170	933
1982	225	150	110	40	0	0	40	0	0	0	55	30	650
1983	165	37	45	R	160	25	27	0	0	125	165	40	789
1984	93	95	17	52	35	23	25	0	115	30	79	105	669
1985	95	165	55	100	101	61	61	60	7	83	9	8	805
1986	120	92	90	32	45	48	30	10	106	43	48	115	779
1987	93	43	34	23	38	32	46	0	7	32	42	80	470
1988	126	129	95	27	35	10	11	12	12	15	18	136	626
1989	57	120	57	85	56	74	65	17	20	102	30	98	781
1990	139	37	125	42	20	24	24	39	125	15	60	70	720
1991	148	54	89	90	23	0	0	0	0	12	51	65	532
1992	46	33	86	95	12	149	9	48	62	54	75	67	736
1993	276	77	87	54	32	38	16	32	47	47	89	81	876
1994	132	34	65	65	19	3	0	0	0	49	55	81	503
1995	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1996	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1997	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1998	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1999	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
2000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
Rata-rata	120	79,9	72,73	60,5	38	42	26	19,8	45,55	43,8	50,5	82,4	704,9

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sambiroto

Curah Hujan (mm)													Total
Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	
1981	70	80	43	47	51	37	22	18	69	43	22	70	572
1982	38	21	69	56	11	110	11	0	0	3	50	60	429
1983	R	R	R	R	R	5	2	10	15	15	40	41	128
1984	97	113	47	52	21	33	19	4	71	44	68	112	681
1985	27	85	75	119	51	22	22	46	24	75	50	31	627
1986	60	30	57	90	25	40	4	23	34	49	89	152	653
1987	61	75	83	26	48	18	5	10	4	12	61	83	486
1988	60	75	38	47	122	0	53	0	20	38	49	50	552
1989	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1990	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1991	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1992	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1993	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1994	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1995	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1996	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1997	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1998	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
1999	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
2000	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0
Rata-rata	61	75,6	60	66,8	53	22,6	21	16,6	30,6	43,6	63,4	85,6	516

4.3.2. Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang

Dari data curah hujan di atas terlihat bahwa ada data yang hilang atau rusak. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap dan diusahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus sebagai berikut :

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

(Loebis, 1984)

di mana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)

R_A, R_B, \dots dan R_n = Curah hujan stasiun A, stasiun B, ..., dan stasiun n (mm)

$\overline{R_x}$ = Rata-rata curah hujan tahunan stasiun yang datanya dicari
(mm)

$\overline{R_A}, \overline{R_B}$ dan $\overline{R_n}$ = Rata-rata curah hujan tahunan stasiun A, stasiun B dan stasiun n (mm)

Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang :

1. Untuk stasiun Gunungpati pada bulan Februari tahun 1981

Diketahui :

- Curah hujan Sta.Susukan bulan Februari tahun 1981 = 54 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Gunungpati = 518.1 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Susukan = 666.9 mm

$$R_{Feb'81} = \left(\frac{518.1}{666.9} \cdot 54 \right) = 42 \text{ mm}$$

2. Untuk stasiun Sambiroto pada bulan Januari tahun 1989

Diketahui :

- Curah hujan Sta.Susukan bulan Januari th 1989 = 98 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Sambiroto = 516 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Susukan = 666.9 mm

$$R_{Jan'89} = \left(\frac{516}{666.9} \cdot 98 \right) = 76 \text{ mm}$$

Tabel 4.4 Hasil Analisis Curah Hujan Stasiun Gunungpati

Curah Hujan (mm)														
Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	Total	Rh Maks
1981	2	42	42	44	29	33	58	28	26	47	23	99	473.9	99
1982	149	89	67	49	0	0	0	0	0	0	30	80	464	149
1983	58	47	37	43	57,49	0	0	0	0	83	56	58	439,4	83
1984	64	83	63	69	39	43	19	0	106	89	53	54	682	106
1985	68	198	51	69	59	32	23	33	40	42	44	29	603	198
1986	77	53	86	51	31	39	39	52	57	31	51	134	701	134
1987	149	93	97	61	33	14	20	0	0	9	43	143	662	149
1988	145	65	87	48	84	25	12	8	10	74	50	175	783	175
1989	75	136	87	63	36	39	42	8	18	24	40	113	681	136
1990	179	34	123	38	37	25	71	31	16	29	21	79	683	179
1991	107	39	48	57	37	0	0	0	0	0	47	47	382	107
1992	92	70	48	42	31	26	0	65	48	81	36	51	490,2	92
1993	193	62	34	34	63	57	10	12	17	0	0	53	534,4	193
1994	60	33	132	42	16	0	0	0	0	17	22	32	354	132
1995	38	52	37	93	31	39	26	0	13	28	100	61	519,7	100
1996	61	54	115	15	30	38	7	9	23	33	33	72	489,4	115
1997	54	56	114	0	9	0	0	0	0	0	202	57	492,5	202
1998	44	37	48	42	18	47	22	10	26	45	42	54	434,3	54
1999	65	19	66	40	49	21	0	19	42	0	131	50	502,6	131
2000	67	30	73	69	50	38	37	0	37	38	52	0	491	73
Rata-rata	90,3	65,4	77,1	49	38,4	28,4	19,3	15	26,7	31,7	56,9	70,8	557,9	

Tabel 4.5 Hasil Analisis Curah Hujan Stasiun Kedung Bangkong

Curah Hujan (mm)														
Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	Total	Rh Maks
1981	5	33	70	80	60	70	260	30	55	50	50	170	933	260
1982	225	150	110	40	0	0	40	0	0	0	55	30	650	225
1983	165	37	45	58	160	25	27	0	0	125	165	40	847	165
1984	93	95	17	52	35	23	25	0	115	30	79	105	669	115
1985	95	165	55	100	101	61	61	60	7	83	9	8	805	165
1986	120	92	90	32	45	48	30	10	106	43	48	115	779	120
1987	93	43	34	23	38	32	46	0	7	32	42	80	470	93
1988	126	129	95	27	35	10	11	12	12	15	18	136	626	136
1989	57	120	57	85	56	74	65	17	20	102	30	98	781	120
1990	139	37	125	42	20	24	24	39	125	15	60	70	720	139
1991	148	54	89	90	23	0	0	0	0	12	51	65	532	148
1992	46	33	86	95	12	149	9	48	62	54	75	67	736	149
1993	276	77	87	54	32	38	16	32	47	47	89	81	876	276
1994	132	34	65	65	19	3	0	0	0	49	55	81	503	132
1995	52	71	51	127	42	53	36	0	18	38	136	84	707	136
1996	82	73	156	20	41	52	10	13	32	44	44	98	666	156
1997	73	76	155	0	13	0	0	0	0	0	275	78	670	275
1998	59	50	66	57	24	64	30	14	36	61	57	73	591	73
1999	89	26	90	55	67	29	0	26	57	0	178	68	684	178
2000	91	40	99	94	68	52	51	0	51	52	71	0	668	99
Rata-rata	104	71,5	83,37	59,9	39	41,8	24	15,9	40,85	39,9	77,5	76,9	675,5	

Tabel 4.6 Hasil Analisis Curah Hujan Stasiun Sambiroto

Curah Hujan (mm)														
Tahun	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	Total	Rh Maks
1981	70	80	43	47	51	37	22	18	69	43	22	70	572	80
1982	38	21	69	56	11	110	11	0	0	3	50	60	429	110
1983	101	25	14	21	29	5	2	10	15	15	40	41	317	101
1984	97	97	97	97	97	33	19	4	71	44	68	112	836	112
1985	27	85	75	119	51	22	22	46	24	75	50	31	627	119
1986	60	30	57	90	25	40	4	23	34	49	89	152	653	152
1987	61	75	83	26	48	18	5	10	4	12	61	83	486	83
1988	60	75	38	47	122	0	53	0	20	38	49	50	552	122
1989	76	111	31	56	33	56	26	10	4	37	35	65	540	111
1990	99	21	50	38	19	24	6	15	15	17	28	72	403	99
1991	115	383	134	61	7	9	0	0	12	7	33	55	816	383
1992	66	25	29	52	52	10	5	80	43	44	32	50	488	80
1993	191	61	34	27	15	56	14	19	19	55	42	53	586	191
1994	52	32	56	33	12	0	0	0	0	36	33	75	330	75
1995	38	52	37	93	31	39	26	0	13	28	100	61	518	100
1996	60	53	115	15	30	38	7	9	23	32	32	72	487	115
1997	53	56	114	0	9	0	0	0	0	0	201	57	491	201
1998	43	36	48	42	18	47	22	10	26	45	42	53	433	53
1999	65	19	66	40	49	21	0	19	42	0	130	50	501	130
2000	67	29	73	69	50	38	37	0	37	38	52	0	489	73
Rata-rata	72,4	73	66,83	53,2	39	26,5	14	14,5	22,79	32,8	63,3	64,2	543	

4.3.3. Perhitungan Curah Hujan Metode Thiessen

Dalam perencanaan ini diperlukan data-data curah hujan yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan untuk mendapatkan besaran curah hujan maksimum yang mempengaruhi daerah aliran sungai tersebut, dalam hal ini adalah stasiun :

1. Gunungpati
2. Kedung Bangkong
3. Sambiroto

Metode poligon Thiessen ini memiliki ketelitian cukup, Untuk menghitung bagian luas daerah aliran pengendalian banjir yang masing-masing dipengaruhi oleh pengamatan hujan adalah dengan menggunakan peta hidrologi. Pada peta hidrologi tersebut dibuat poligon Thiessen dengan cara menarik garis hubungan antar stasiun, lalu menarik garis sumbu diantara garis-garis yang menghubungkan stasiun-stasiun tersebut. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, koefisien Thiessen (C) dapat dihitung dengan rumus : $C = A_i / A_{total}$, yang hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.7 Perhitungan Hujan Harian Rata-Rata

No.	Nama Stasiun	Luas (Ai)	Koef. Thiessen (C)
	Pos Hujan	(Km ²)	(%)
1	Gunungpati	0,35	5,58
2	Kedung Bangkok	2,05	32,70
3	Sambiroto	3,87	61,72
	Jumlah	6,27	100

4.3.4. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana ini adalah sebagai berikut :

- Metode Gumbel
- Metode Log Normal
- Metode Distribusi Log Person III

4.3.4.1. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekwensi banjir.

Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (Coefisien of skwennes) atau CS = 1,139 dan koefisien kurtosis (Coeficient Curtosis) atau Ck < 4,002.

Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial.

(Soewarno,1995)

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut :

1. Hitung standar deviasi

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - Xr)^2}{n - 1}}$$

(Loebis,1984)

Dimana : Sx = Standar deviasi

Xi = Curah hujan rata-rata

Xr = Harga rata – rata

n = Jumlah data

2. Hitung nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

(Loebis, 1984)

- Dimana : K = Faktor frekuensi
Y_n = Harga rata – rata reduce variate (tabel 2.1)
S_n = Reduced standard deviation (tabel 2.2)
Y_t = Reduced variated (tabel 2.3)

3. Hitung hujan dalam periode ulang T tahun

$$X_t = X_r + (K \cdot S_x)$$

(Loebis, 1984)

- Dimana : X_t = Hujan dalam periode ulang tahun
X_r = Harga rata – rata
K = Faktor Frekuensi
S_x = Standar deviasi

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata metode Thiessen adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Perhitungan Hujan Harian Rata-rata

No.	Tahun C	Gunungpati 0,0558		Kedung Bangkong 0,3270		Sambirotto 0,6172		Harian Rata-rata mm
		RI	CRI	RI	CRI	RI	CRI	
1	1981	99	5,549	260	85,020	80	49,376	159,945
2	1982	149	8,314	225	73,575	110	67,892	189,781
3	1983	83	4,631	165	53,955	101	62,081	120,667
4	1984	106	5,915	115	37,605	112	69,126	112,646
5	1985	198	11,048	165	53,955	119	73,447	138,450
6	1986	134	7,477	120	39,240	152	93,814	160,532
7	1987	149	8,314	93	30,411	83	51,228	89,953
8	1988	175	9,765	136	44,472	122	75,298	129,535
9	1989	136	7,589	120	39,240	111	68,289	115,118
10	1990	179	9,988	139	45,453	99	61,126	116,567
11	1991	107	5,971	148	48,396	383	236,385	290,752
12	1992	92	5,134	149	48,723	80	49,665	103,521
13	1993	193	10,742	276	90,252	191	117,954	218,947
14	1994	132	7,366	132	43,164	75	46,322	96,852
15	1995	100	5,592	136	44,587	100	61,603	111,782
16	1996	115	6,416	156	51,154	115	70,677	128,246
17	1997	202	11,271	275	89,864	201	124,162	225,297
18	1998	54	2,991	73	23,849	53	32,951	59,790
19	1999	131	7,283	178	58,066	130	80,228	175,577
20	2000	73	4,075	99	32,489	73	44,889	81,454
								135,771

Adapun proses perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut :

1. Hitung standar deviasi

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^2}{n-1}}$$

(Loebis, 1984)

- Dimana :
- S_x = Standar deviasi
 - X_i = Curah hujan rata-rata
 - X_r = Harga rata – rata
 - n = Jumlah data

Untuk perhitungan standar deviasi curah hujan yang diambil, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.9 Perhitungan Standar Deviasi Curah Hujan

No.	Xi	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²
1	159,945	4,174	17,424
2	189,781	14,011	196,296
3	120,667	-15,103	228,109
4	112,646	-23,124	534,739
5	138,450	2,680	7,180
6	160,532	4,761	22,667
7	89,953	-45,818	2099,273
8	129,535	-6,235	38,878
9	115,118	-20,653	426,538
10	116,567	-19,204	368,778
11	290,752	154,981	24019,134
12	103,521	-32,249	1040,016
13	218,947	83,177	6918,362
14	96,852	-38,919	1514,696
15	111,782	-23,989	575,449
16	128,246	-7,524	56,618
17	225,297	89,527	8015,019
18	59,790	-75,980	5772,991
19	175,577	9,806	96,159
20	81,454	-54,317	2950,337
Xr	135,771		
Jumlah			54898,662
Sx			53,753

2. Hitung nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

(Loebis, 1984)

Dimana : K = Faktor frekuensi

Y_n = Harga rata – rata *reduce variate* (tabel 2.1)S_n = Reduced standard deviation (tabel 2.2)Y_t = Reduced variated (tabel 2.3)

Jumlah data dalam perhitungan curah hujan rencana periode ulang T tahun adalah 20 tahun, sehingga nilai Y_n dan S_n adalah sebagai berikut

$$n = 20$$

$$Y_n = 0,5236$$

$$S_n = 1,0628$$

3. Hitung hujan dalam periode ulang T tahun

$$X_t = X_r + (K \cdot S_x)$$

(Loebis, 1984)

Dimana : X_t = Hujan dalam periode ulang tahun
 X_r = Harga rata – rata
 K = Faktor Frekuensi
 S_x = Standar deviasi

Sehingga perhitungan curah hujan rencana periode ulang T tahun dengan data curah hujan di atas adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun

Periode Ulang	Y_t	k	X_r	S_x	X_t
2	0,3665	-0,1478	135,771	53,753	127,8250
5	1,4999	0,9186	135,771	53,753	185,1489
10	2,2502	1,6246	135,771	53,753	223,0968
25	3,1985	2,5168	135,771	53,753	271,0589
50	3,9019	3,1787	135,771	53,753	306,6347
100	4,6001	3,8356	135,771	53,753	341,9475

Jadi besarnya curah hujan rencana periode ulang T tahun dengan Metode Gumbel dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.11 Curah Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun dengan Metode Gumbel

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	127,8250
5	185,1489
10	223,0968
25	271,0589
50	306,6347
100	341,9475

4.3.4.2. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

Distribusi *log Lormal* merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X . Distribusi *log-Pearson Type III* akan menjadi distribusi *log Normal* apabila nilai koefisien kemencengan $CS = 0,00$.

Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Log Normal adalah sebagai berikut :

$$R_t = X_r + K_t \cdot S_x$$

(Loebis, 1984)

dimana :

R_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun

X_r = Curah hujan rata – rata

K_t = Standar variabel untuk periode ulang tahun (tabel 2.6)

S_x = Standar deviasi

Dari hasil perhitungan maka diperoleh :

$$X = 135,771$$

$$S_x = 53,753$$

K_t = Didapat dari tabel hubungan antara t dan K_t pada tabel 2.6

Tabel 4.12 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

Rt	X	Kt	Sx	Rt
2	135,771	-0,22	53,753	123,9449
5	135,771	0,64	53,753	170,1727
10	135,771	1,26	53,753	203,4996
25	135,771	1,89	53,753	237,3641
50	135,771	2,75	53,753	283,5918
100	135,771	3,45	53,753	321,2191

Jadi besarnya curah hujan rencana periode ulang T tahun dengan Metode Log Normal dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.13 Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun dengan Metode Log Normal

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	123,9449291
5	170,1726549
10	203,4996201
25	237,3641169
50	283,5918428
100	321,2190615

4.3.4.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson Tipe III atau Distribusi Extrim Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekwensi distribusi dari debit minimum (low flows).

Distribusi Log Pearson Tipe III, mempunyai koefisien kemencengan (Coefisien of skwennes) atau $CS \neq 0$.

Langkah-langkah perhitungan kurva distribusi Log Pearson III adalah:

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variat X
2. Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

(CD.Soemarto,1999)

3. Hitung nilai deviasi standarnya dari $\log X$:

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

(CD.Soemarto,1999)

4. Hitung nilai koefisien kemencengan

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

(CD.Soemarto,1999)

Sehingga persamaan garis lurusnya dapat ditulis :

$$\log Rt = \overline{\log X} + Gt(\overline{S \log X})$$

Harga faktor Gt untuk sebaran Log Pearson II dapat dihitung dengan interpolasi (lihat tabel 2.4)

5. Menentukan anti log dari $\log Rt$, untuk mendapat nilai Rt yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya.

Adapun proses perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Log Pearson Type III adalah sebagai berikut :

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variat X

Tabel 4.14 Perhitungan Log Pearson Type III

No.	Xi	Log Xi	(Log X-Log Xi)	(Log X-Log Xi) ²	(Log X-Log Xi) ³
1	159,945	2,1460	-0,0132	0,0002	0,0000
2	189,781	2,1755	-0,0427	0,0018	-0,0001
3	120,6673	2,0816	0,0512	0,0026	0,0001
4	112,6462	2,0517	0,0811	0,0066	0,0005
5	138,4502	2,1413	-0,0085	0,0001	0,0000
6	160,532	2,1478	-0,0150	0,0002	0,0000
7	89,9528	1,9540	0,1788	0,0320	0,0057
8	129,5354	2,1124	0,0204	0,0004	0,0000
9	115,1178	2,0611	0,0717	0,0051	0,0004
10	116,5670	2,0666	0,0662	0,0044	0,0003
11	290,7517	2,4635	-0,3307	0,1094	-0,0362
12	103,5213	2,0150	0,1178	0,0139	0,0016
13	218,9473	2,3403	-0,2075	0,0431	-0,0089
14	96,8515	1,9861	0,1467	0,0215	0,0032
15	111,7821	2,0484	0,0844	0,0071	0,0006
16	128,2461	2,1080	0,0248	0,0006	0,0000
17	225,2973	2,3528	-0,2200	0,0484	-0,0106
18	59,7904	1,7766	0,3562	0,1269	0,0452
19	175,577	2,1631	-0,0303	0,0009	0,0000
20	81,4536	1,9109	0,2219	0,0492	0,0109
		42,1027	0,5534	0,4744	0,0127

2. Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

(CD.Soemarto,1999)

$$\text{Log } Xi = 42,027$$

$$\text{Log } X = \frac{42,1027}{20} = 2,1051$$

3. Hitung nilai deviasi standarnya dari log X :

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

(CD.Soemarto,1999)

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,4744}{19}} = 0,1580$$

4. Hitung nilai koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3}$$

(CD.Soemarto,1999)

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ Log } X)^3}$$

$$C_s = \frac{20 \cdot 0,0127}{19 \cdot 18 \cdot (0,1580)^3} = 0,1883$$

Untuk harga $C_s = 0.1883$ dan T_r (Periode Ulang) tertentu maka harga Faktor G_t , untuk sebaran Log Pearson III dapat dihitung dalam interpolasi (lihat tabel 2.4)

$$\text{Log } R_t = \text{Log } X + G_t * S \text{ Log } X$$

(CD.Soemarto,1999)

Hasil perhitungan selanjutnya dibuat tabel sebagai berikut :

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Log Pearson Type III

Periode Ulang (Tahun)	GT	Log Rt	Rt (mm)
2	-0,0311	2,118	131,160
5	0,8307	2,260	182,096
10	1,2999	2,343	220,141
25	1,8141	2,438	274,410
50	2,1529	2,504	319,301
100	2,4636	2,566	368,214

Jadi besarnya curah hujan rencana periode ulang T tahun dengan Metode Log Pearson Type III dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.16 Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun dengan Metode Log Pearson Type III

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	131,1595
5	182,0958
10	220,1405
25	274,4100
50	319,3007
100	368,2137

4.3.5. Perhitungan Uji Sebaran Data Curah Hujan

Untuk menguji kebenaran suatu sebaran data curah hujan, maka metode yang digunakan yaitu Metode Uji Chi Kuadrat (Chi Square Test) atau uji sebaran.

Langkah-langkah perhitungan sebaran data curah hujan (*Chi Square Test*)

1. Hitung jumlah kelas (K)

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : K = jumlah kelas

n = jumlah data

2. Hitung Derajat kebebasan (DK)

$$DK = K - (P + 1)$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

P = Parameter hujan (P = 1)

3. Mencari harga X^2 Cr dilihat dari derajat kebebasan (DK) dan taraf signifikansi (X) dengan melihat tabel 2.7.

4. Hitung nilai yang diharapkan (EF)

$$EF = \frac{n}{K}$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : EF = Nilai yang diharapkan

n = Jumlah data

K = Jumlah kelas

5. Hitung $X^2 Cr$

$$X^2 Cr = \sum \frac{(EF - OF)^2}{EF}$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : Cr = Koefisien skewness

X = Taraf signifikasi

EF = Nilai yang diharapkan

OF = Nilai yang diamati

6. Bandingkan $X^2 Cr$ hasil tabel dengan $X^2 Cr$ hasil hitungan

Syarat :

$$X^2 Cr \text{ hitungan} < X^2 Cr \text{ tabel}$$

7. Hitung koefisien skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - Xr)^3}{(n-1)(n-2)Sx^3}$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : Cs = Koefisien skewness

Xi = Curah hujan rata-rata

Xr = Harga rata-rata

Sx = Standar deviasi

8. Hitung koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sx}{Xr}$$

(Soewarno, 1995)

9. Hitung koefisien Kwitosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - Xr)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sx^4}$$

(Soewarno, 1995)

10. Menentukan curah hujan yang akan dipakai dalam perencanaan dam

Adapun proses perhitungan uji sebaran data curah hujan curah adalah sebagai berikut :

1. Hitung jumlah kelas (K)

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : K = jumlah kelas
 n = jumlah data = 20

maka :

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 \log 20$$

$$K = 5,322 \approx 5$$

2. Hitung Derajat kebebasan (DK)

$$DK = K - (P + 1)$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

P = Parameter hujan ($P = 1$)

Maka :

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

$$= 3$$

3. Mencari harga X^2 Cr dilihat dari derajat kebebasan (DK) dan taraf signifikansi (X) dengan melihat tabel 2.7.

Untuk derajat kebebasan (DK) = 3

Signifikansi (x) = 5 %

Maka dari tabel *Chi Square Test* (tabel 2.7), didapat harga :

X^2 Cr tabel = 7,815

$$EF = n/K = 20/5 = 4$$

4. Hitung nilai yang diharapkan (EF)

$$EF = \frac{n}{K}$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : EF = Nilai yang diharapkan

n = Jumlah data

K = Jumlah kelas

Tabel 4.17 X^2 Cr Hitungan

No.	P(X)	EF	OF	EF-OF	(EF-OF) ²	(EF-OF) ² / EF
1	59,790 < X < 105,983	4	5	-1	1	0,25
2	105,983 < X < 152,175	4	8	-4	16	4

No.	P(X)	EF	OF	EF-OF	(EF-OF) ²	(EF-OF) ² / EF
3	152,175<X<198,367	4	4	0	0	0
4	198,367<X<244,559	4	2	2	4	1
5	244,559<X<290,752	4	1	3	9	2,25
		20	20			7,5

5. Hitung X^2 Cr

$$X^2 Cr = \sum \frac{(EF - OF)^2}{EF}$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : Cr = Koefisien skewness
X = Taraf signifikasi
EF = Nilai yang diharapkan
OF = Nilai yang diamati

Dari tabel 4.17. di dapat X^2 Cr hasil hitungan = 7,5

6. Bandingkan X^2 Cr hasil tabel dengan X^2 Cr hasil hitungan.

$$X^2 \text{ Cr tabel} = 7,815$$

$$X^2 \text{ Cr hasil hitungan} = 7,5$$

Syarat :

$$X^2 \text{ Cr hitungan} < X^2 \text{ Cr tabel}$$

$$7,5 < 7,815$$

Kesimpulan :

⇒ maka data –data curah hujan yang sudah diolah tersebut memenuhi syarat.

Di bawah ini tabel perhitungan statistik penentuan sebaran pada data curah hujan yang telah diolah pada Metode Thiessen :

Tabel 4.18 Perhitungan Statistik Penentuan Sebaran

Tahun	X	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²	(Xi-Xr) ³	(Xi-Xr) ⁴
1998	59,7904	-75,9802	5772,9906	-438632,9750	33327420,6577
2000	81,4536	-54,3170	2950,3365	-160253,4312	8704485,6958
1987	89,9528	-45,8178	2099,2732	-96184,1356	4406948,0259
1994	96,8515	-38,9191	1514,6961	-58950,6069	2294304,4157
1992	103,5213	-32,2493	1040,0159	-33539,7624	1081633,1159
1995	111,7821	-23,9885	575,4492	-13804,1768	331141,8081
1984	112,6462	-23,1244	534,7391	-12365,5348	285945,8999
1989	115,1178	-20,6528	426,5380	-8809,2034	181934,6906
1990	116,5670	-19,2036	368,7776	-7081,8502	135996,8905

Tahun	X	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²	(Xi-Xr) ³	(Xi-Xr) ⁴
1983	120,6673	-15,1033	228,1094	-3445,2024	52033,8938
1996	128,2461	-7,5245	56,6180	-426,0215	3205,5956
1988	129,5354	-6,2352	38,8780	-242,4134	1511,5026
1985	138,4502	2,6796	7,1801	19,2396	51,5540
1981	159,9448	4,1741	17,4235	72,7283	303,5787
1986	160,5316	4,7610	22,6669	107,9164	513,7870
1999	175,5767	9,8061	96,1589	942,9410	9246,5427
1982	189,7812	14,0106	196,2962	2750,2220	38532,1877
1993	218,9473	83,1767	6918,3620	575446,4587	47863732,4648
1997	225,2973	89,5266	8015,0187	717557,6674	64240524,6599
1991	290,7517	154,9811	24019,1336	3722511,1356	576918776,8988
Σ	2715,4125	0,0000	54898,6616	4185672,9954	739878243,8656

7. Hitung koefisien skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - Xr)^3}{(n-1)(n-2)Sx^3}$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : Cs = Koefisien skewness
Xi = Curah hujan rata-rata
Xr = Harga rata-rata
Sx = Standar deviasi

Dari tabel 4.18. perhitungan statistik penentuan sebaran

Maka :

$$Xr = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{2715,4125}{20} = 135,7706$$

Standart Deviasi untuk sampel (Sx) :

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (Xi - Xr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{54898,6616}{19}} = 53,7532$$

Koefisien Skewness (Cs) =

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - X)^3}{(n-1)(n-2)Sx^3} = \frac{20 \cdot 4185672,9954}{19 \cdot 18 \cdot 53,753^3} = 1,5760$$

8. Hitung koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sx}{Xr}$$

(Soewarno, 1995)

Maka :

$$Cv = \frac{Sx}{Xr} = \frac{53,7532}{135,7706} = 0,3959$$

9. Hitung koefisien Kwitosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - Xr)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sx^4}$$

(Soewarno, 1995)

Maka :

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - Xr)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sx^4} = \frac{20^2 \cdot 739878243,8656}{19 \cdot 18 \cdot 17 \cdot 53,753^4} = 6,0973$$

10. Menentukan curah hujan yang akan dipakai dalam perencanaan dam

Untuk menentukan curah hujan yang akan dipakai dalam perencanaan dam ini, maka hasil perhitungan curah hujan rencana periode T tahun pada tiga metode tersebut harus dianalisis dengan syarat-syarat jenis sebaran di bawah ini :

Tabel 4.19 Jenis Sebaran

No.	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Hitungan	Kesimpulan
1	Normal	$Cs \approx 0$ $Ck = 0$	$Cs = 1,5760$ $Ck = 6,0973$	Tidak memenuhi
2	Log Normal	$Cs \approx 3 Cv + Cv^3 \approx 1,2497$	$Cs = 1,5760$	Tidak memenuhi
3	Log Pearson III	$Cs \neq 0$	$Cs = 1,5760$	Memenuhi
4	Gumbel	$Cs \leq 1,1396$ $Ck \leq 5,4002$	$Cs = 1,5760$ $Ck = 6,0973$	Tidak memenuhi

Dari hasil perhitungan di atas yang memenuhi persyaratan adalah jenis sebaran Log Pearson III.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

T (Tahun)	RT		
	Gumbel	Log Normal	Log Pearson Tipe III
2	127,8250	123,9449	131,1595
5	185,1489	170,1726	182,0958
10	223,0968	203,4996	220,1405
25	271,0589	237,3641	274,4100
50	306,6347	283,5918	319,3007
100	341,9475	321,2190	368,2137

Kesimpulan :

Untuk perhitungan curah hujan rencana yang dipakai yaitu metode log pearson type III

4.3.6. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan ini menggunakan Metode Dr.

$$\text{Mononobe dengan rumus sebagai berikut : } r = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

(CD. Soemarto, 1999)

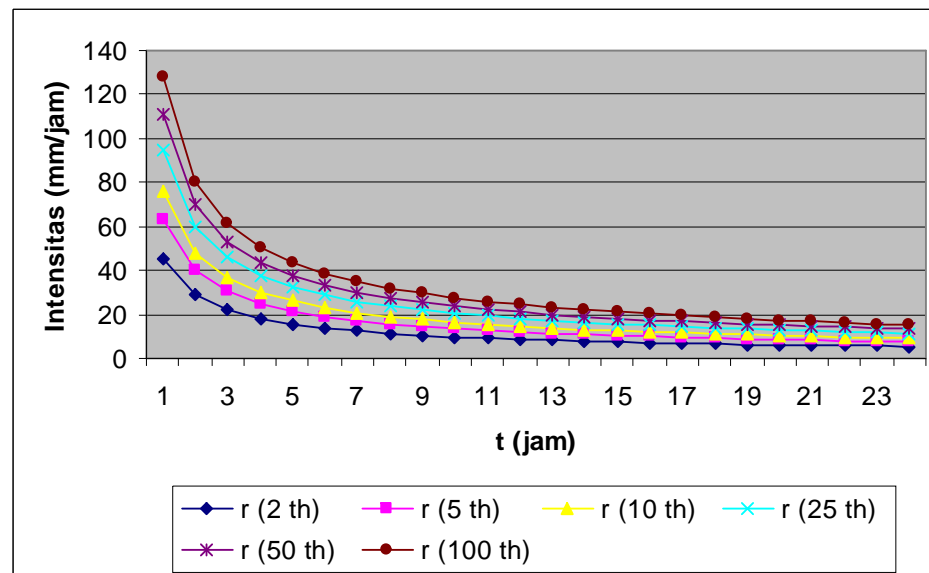
Dimana : R_{24} = Curah Hujan Maksimum dalam 24 jam (mm)

t = lamanya curah hujan (jam)

Tabel 4.21 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

t/R2	r (2 th)	r (5 th)	r (10 th)	r (25 th)	r 50 th)	r (100 th)
4	131,1595	182,0958	220,1405	274,41	319,3007	368,2137
1	45,4705	63,1291	76,3184	95,1326	110,6954	127,6526
2	28,6446	39,7688	48,0776	59,9298	69,7337	80,4161
3	21,8599	30,3493	36,6901	45,7350	53,2168	61,3690
4	18,0450	25,0528	30,2870	37,7534	43,9295	50,6590
5	15,5507	21,5898	26,1005	32,5349	37,8573	43,6566
6	13,7709	19,1189	23,1133	28,8112	33,5245	38,6600
7	12,4260	17,2517	20,8560	25,9975	30,2504	34,8844
8	11,3676	15,7823	19,0796	23,7832	27,6738	31,9131
9	10,5092	14,5904	17,6388	21,9871	25,5840	29,5031
10	9,7963	13,6007	16,4423	20,4957	23,8486	27,5019
11	9,1932	12,7634	15,4301	19,2339	22,3804	25,8088
12	8,6751	12,0441	14,5605	18,1499	21,1191	24,3543

t/R2	r (2 th)	r (5 th)	r (10 th)	r (25 th)	r 50 th)	r (100 th)
4	131,1595	182,0958	220,1405	274,41	319,3007	368,2137
13	8,2243	11,4183	13,8039	17,2068	20,0217	23,0888
14	7,8279	10,8679	13,1385	16,3774	19,0565	21,9758
15	7,4760	10,3793	12,5478	15,6411	18,1999	20,9879
16	7,1611	9,9422	12,0194	14,9825	17,4334	20,1040
17	6,8775	9,5484	11,5433	14,3890	16,7429	19,3077
18	6,6204	9,1914	11,1117	13,8510	16,1169	18,5858
19	6,3860	8,8660	10,7183	13,3606	15,5463	17,9278
20	6,1713	8,5679	10,3580	12,9115	15,0237	17,3251
21	5,9738	8,2937	10,0265	12,4983	14,5429	16,7707
22	5,7914	8,0405	9,7203	12,1166	14,0988	16,2585
23	5,6223	7,8057	9,4365	11,7628	13,6871	15,7838
24	5,4650	7,5873	9,1725	11,4338	13,3042	15,3422



Gambar 4-1 Perhitungan Intensitas Hujan

4.3.7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana dalam perencanaan dam ini menggunakan metode sebagai berikut :

- Metode Haspers
- Metode Weduwen
- Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I

4.3.7.1. Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Haspers

Metode ini dapat digunakan dengan syarat luas DAS < 300 km²)

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda,1977)

Langkah-langkah perhitungan debit banjir rencana metode haspers :

1. Menentukan waktu konsentrasi (t)

$$t = 0.10 \cdot L^{0.8} \cdot i^{-0.3}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda,1977)

Dimana : t = Waktu konsentrasi

L = Panjang sungai

i = Kemiringan dasar sungai

2. Hitung koefisien reduksi (β)

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3.70 \cdot 10^{-0.4t}}{t^2 + 15} \cdot \frac{A^{0.75}}{12}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda,1977)

Dimana : β = Koefisien reduksi

A = Luas DAS

t = Waktu konsentrasi

3. Hitung koefisien run off (x)

$$X = \frac{1 + 0.012 \cdot A^{0.70}}{1 + 0.075 \cdot A^{0.70}}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda,1977)

4. Hitung curah hujan harian maksimum rencana periode ulang T tahun.

$$RT = \frac{t \cdot RT}{t + 1}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda,1977)

Dimana : RT = Curah hujan rencana pada periode ulang T tahun.

t = Waktu konsentrasi

5. Hitung intensitas hujan yang diperlukan.

$$q = \frac{t \cdot Rt}{3.6 \cdot t}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda,1977)

Dimana : q = Intensitas hujan yang diperlukan.

RT = Curah hujan rencana pada periode ulang T tahun.

t = Waktu konsentrasi

6. Hitung debit banjir rencana periode ulang T tahun

$$Q = X \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda, 1977)

Dimana : Q = Debit banjir rencana periode ulang T tahun

X = Koefisien run off

β = Koefisien reduksi

q = Intensitas hujan yang diperlukan.

A = Luas DAS

Adapun proses perhitungan uji sebaran data curah hujan curah adalah sebagai berikut :

Data-data yang diketahui :

$$A = 6,27 \text{ km}^2$$

$$L = 7,43 \text{ km}$$

$$i = 0,0029$$

1. Menentukan waktu konsentrasi (t)

$$t = 0.10 \cdot L^{0.8} \cdot i^{-0.3}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda, 1977)

Dimana : t = Waktu konsentrasi

L = Panjang sungai

i = Kemiringan dasar sungai

$$\begin{aligned} t &= 0.10 L^{0.8} \cdot I^{-0.3} \\ &= 0.10 (7.43)^{0.8} \cdot (0.0029)^{-0.3} \\ &= 2.71 \text{ jam} \end{aligned}$$

2. Hitung koefisien reduksi (β)

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3.70 \cdot 10^{-0.4t}}{t^2 + 15} \cdot \frac{A^{0.75}}{12}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda, 1977)

Dimana : β = Koefisien reduksi

A = Luas DAS

t = Waktu konsentrasi

Maka :

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{2.71 + 3.70 \cdot 10^{-0.4 \cdot 2.71}}{2.71^2 + 1} \cdot \frac{6.27^{0.75}}{12}$$

$$\beta = 0.866$$

3. Hitung koefisien run off (x)

$$X = \frac{1 + 0.012 \cdot A^{0.70}}{1 + 0.075 \cdot A^{0.70}}$$

$$X = \frac{1 + 0,012 \cdot 6,27^{0.70}}{1 + 0,075 \cdot 6,27^{0.70}}$$

$$X = 0.8216$$

4. Hitung curah hujan harian maksimum rencana periode ulang T tahun.

$$RT = \frac{t \cdot RT}{t + 1}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda, 1977)

Dimana : RT = Curah hujan rencana pada periode ulang T tahun.

t = Waktu konsentrasi

Maka :

$$RT = \frac{2,71 \cdot Rt}{2,71 + 1} = \frac{2,71Rt}{3,71}$$

$$RT = 0,7304 \cdot Rt$$

5. Hitung intensitas hujan yang diperlukan.

$$q = \frac{t \cdot Rt}{3,6 \cdot t}$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda, 1977)

Dimana : q = Intensitas hujan yang diperlukan.

RT = Curah hujan rencana pada periode ulang T tahun.

T = Waktu konsentrasi

Maka :

$$q = \frac{0,7304 \cdot Rt}{3,6 \cdot 2,71} = 0,0749 \text{ Rt}$$

6. Hitung debit banjir rencana periode ulang T tahun

$$Q = X \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

(Suyono Sosrodarsono Kensaku Takeda, 1977)

Dimana : Q = Debit banjir rencana periode ulang T tahun

X = Koefisien run off

β = Koefisien reduksi

q = Intensitas hujan yang diperlukan.

A = Luas DAS

Maka :

$$Q = X \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

$$= Q = 0,8216 \cdot 0,866 \cdot 0,0749 \cdot Rt \cdot 6,27$$

$$Q = 0,334 \cdot Rt$$

Sehingga :

$$Qt = 0,334 \cdot Rt$$

$$Q_2 = 0,334 \cdot R_2 = 0,334 \cdot 131,1595 = 43,8073 \text{ m}^3 / dt$$

$$Q_5 = 0,334 \cdot R_5 = 0,334 \cdot 182,1726 = 60,8200 \text{ m}^3 / dt$$

$$Q_{10} = 0,334 \cdot R_{10} = 0,334 \cdot 220,1405 = 73,5269 \text{ m}^3 / dt$$

$$Q_{25} = 0,334 \cdot R_{25} = 0,334 \cdot 274,41 = 91,6529 \text{ m}^3 / dt$$

$$Q_{50} = 0,334 \cdot R_{50} = 0,334 \cdot 319,3007 = 106,6464 \text{ m}^3 / dt$$

$$Q_{100} = 0,334 \cdot R_{100} = 0,334 \cdot 368,2137 = 122,9834 \text{ m}^3 / dt$$

Distribusi debit banjir rencana periode T tahun dengan Metode Haspers dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.22 Debit Banjir Rencana Periode Ulang T Tahun Metode Haspers

Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m ³ /dt)
2	43,8073
5	60,8200
10	73,5269
25	91,6529
50	106,6464
100	122,9834

4.3.7.2. Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Weduwen

Syarat dalam perhitungan debit banjir dengan metode Weduwen adalah sebagai berikut :

A = Luas daerah pengaliran < 100 km²

t = 1/6 sampai 12 jam

(Loebis, 1984)

Rumus yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Weduwen adalah sebagai berikut :

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

(Loebis, 1984)

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{120 + A}$$

$$q = \frac{Rn}{240} \cdot \frac{67.65}{t+1.45}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta \cdot q + 7}$$

$$t = 0.25 \cdot L \cdot Q^{-0.125} \cdot I^{-0.25}$$

$$I = \frac{H}{0.9 \cdot L}$$

(Loebis, 1984)

dimana :

Qt = Debit rancangan

α = Koefisien *run off*

β = Koefisien Reduksi

q = Intensitas hujan

A = luas DAS

t = Waktu konsentrasi

Rt = Curah hujan harian maksimum rencana periode ulang T tahun

L = Panjang sungai

I = Kemiringan dasar sungai

H = Beda tinggi

Perhitungan :

$$I = \frac{H}{0,9 \cdot L} = \frac{20}{0,9 \cdot 7430} = 0,0029$$

❖ Periode ulang 2 tahun

$$R_2 = 131,1595$$

$$\text{Asumsi } t = 4,6$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{4,6+1}{4,6+9} \cdot 6,27}{120 + 6,27} = 0,9708$$

$$q = \frac{131,1595}{240} \cdot \frac{67,65}{4,6+1,45} = 6,1108$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(0,9708 \cdot 6,1108) + 7} = 0,6830$$

$$Q = 0,6830 \cdot 0,9708 \cdot 6,1108 \cdot 6,27 = 25,4035 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$t = 4.508 \text{ (ok)}$$

❖ Periode Ulang 5 tahun

$$R_5 = 182,0958 \text{ mm}$$

$$\text{Asumsi } t = 4,3$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{4,3+1}{4,3+9} \cdot 6,27}{120 + 6,27} = 0,9701$$

$$q = \frac{182,0958}{240} \cdot \frac{67,65}{4,3+1,45} = 8,9267$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(0,9701 \cdot 8,9267) + 7} = 0,7382$$

$$Q = 0,7382 \cdot 0,9701 \cdot 8,9267 \cdot 6,27 = 40,0824 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$t = 0,25 \cdot 6,27 \cdot 40,0824^{-0,125} \cdot 0,0029^{-0,25}$$

$$t = 4,258 \text{ (ok)}$$

❖ Periode Ulang 10 tahun

$$R_{10} = 220,1405 \text{ mm}$$

$$\text{Asumsi } t = 4,15$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{4,15 + 1}{4,15 + 9} + 6,27}{120 + 6,27} = 0,9698$$

$$q = \frac{220,1405}{240} \cdot \frac{67,65}{4,15 + 1,45} = 11,0807$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(0,9698 \cdot 11,0807) + 7} = 0,7690$$

$$Q = 0,7690 \cdot 0,9698 \cdot 11,0807 \cdot 6,27 = 51,810 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$t = 0,25 \cdot 6,27 \cdot 51,810^{-0,125} \cdot 0,0029^{-0,25}$$

$$t = 4,124 \text{ (ok)}$$

❖ Periode Ulang 25 tahun

$$R_{25} = 274,4100 \text{ mm}$$

$$\text{Asumsi } t = 4$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{4 + 1}{4 + 9} + 6,27}{120 + 6,27} = 0,9694$$

$$q = \frac{274,4100}{240} \cdot \frac{67,65}{4 + 1,45} = 14,1925$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(0,9694 \cdot 14,1925) + 7} = 0,8025$$

$$Q = 0,8025 \cdot 0,9694 \cdot 14,1925 \cdot 6,27 = 69,229 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$t = 0,25 \cdot 6,27 \cdot 69,229^{-0,125} \cdot 0,0029^{-0,25}$$

$$t = 3,977 \text{ (ok)}$$

❖ Periode Ulang 50 tahun

$$R_{50} = 319,3007 \text{ mm}$$

$$\text{Asumsi } t = 3,9$$

$$q = \frac{319,3007}{240} \cdot \frac{67,65}{3,9 + 1,45} = 16,8230$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(0,9692 \cdot 16,8230) + 7} = 0,8241$$

$$Q = 0,8241 \cdot 0,9692 \cdot 16,823 \cdot 6,27 = 84,2404 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$t = 0,25 \cdot 6,27 \cdot 84,2404^{-0,125} \cdot 0,0029^{-0,25}$$

$$t = 3,88 \text{ (ok)}$$

❖ Periode Ulang 100 tahun

$$R_{100} = 368,2137 \text{ mm}$$

$$\text{Asumsi } t = 3,87$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{3,87 + 1}{3,87 + 9} + 6,27}{120 + 6,27} = 0,9691$$

$$q = \frac{368,2137}{240} \cdot \frac{67,65}{3,87 + 1,45} = 19,5094$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(0,9691 \cdot 19,5094) + 7} = 0,8417$$

$$Q = 0,8417 \cdot 0,9691 \cdot 19,5094 \cdot 6,27 = 99,787 \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$t = 0,25 \cdot 6,27 \cdot 99,787^{-0,125} \cdot 0,0029^{-0,25}$$

$$t = 3,799 \text{ (ok)}$$

Distribusi debit banjir rencana periode T tahun dengan Metode Weduwen dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.23 Debit Banjir Rencana Periode Ulang T tahun Metode Weduwen

Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m ³ /det)
2	25,403
5	40,082
10	51,811
25	69,230
50	84,246
100	99,787

4.3.7.3. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I

Cara ini dipakai sebagai upaya untuk memperoleh hidrograf satuan suatu DTA yang belum pernah diukur. Dengan pengertian lain tidak tersedia data pengukuran debit maupun data AWLR (Automatic Water Level Recorder) pada suatu tempat tertentu dalam sebuah DTA (tidak ada stasiun hidrometer).

Rumus :

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/k}$$

(Sri Harto, 1981)

di mana :

Q_t = Debit yang diukur dalam jam ke-t sesudah debit puncak dalam (m^3/det)

Q_p = Debit puncak dalam (m^3/det)

t = Waktu yang diukur dari saat terjadinya debit puncak (jam)

k = Koefisien tampungan (jam)

a. **Waktu mencapai puncak**

$$T_R = 0,43 \left[\frac{L}{100 \cdot SF} \right]^3 + 1,06665 \cdot SIM + 1,2775$$

(Sri Harto, 1981)

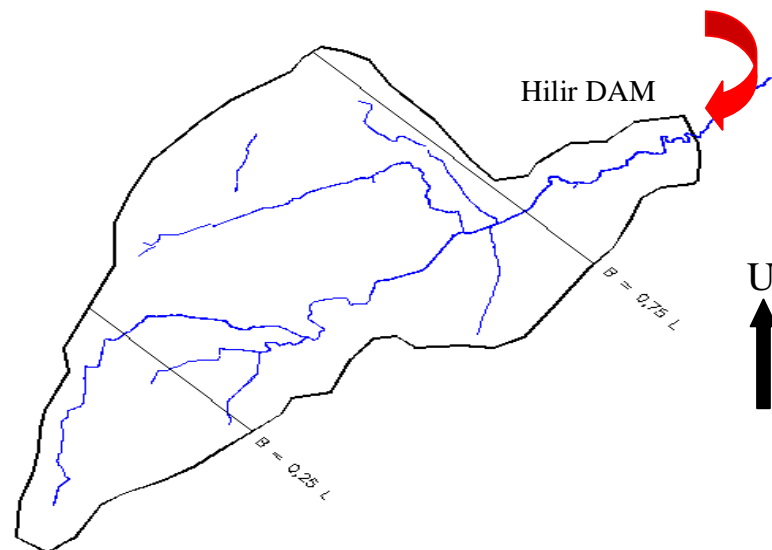
di mana :

T_R = Waktu naik (jam)

L = Panjang sungai = 7,43 km

SF = Faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah semua panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah semua panjang

$$\text{sungai semua tingkat} = \frac{7.43}{14.102} = 0.527$$



Gambar 4-2 Sketsa penempatan WF dan RUA

W_u = Lebar DTA pada 0,75 L = 1,6 km

W_i = Lebar DTA pada 0,25 L = 2,7 km

$$WF = \frac{Wu}{Wi} = \frac{1,6}{2,7} = 0,553$$

SIM = Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DTA sebelah hulu (RUA)

$$SIM = WF * RUA = 0,553 * 0,410 = 0,227$$

b. **Debit puncak**

$$Qp = 0,1836.A^{0,5886}.T_R^{-0,4008}.JN^{0,2381}$$

(Sri Harto, 1981)

di mana :

Qp = Debit puncak (m³/det)

JN = Jumlah pertemuan sungai = 5 buah

A = Luas DTA = 6,27 km²

TR = Waktu naik (jam)

c. **Waktu dasar**

$$T_B = 27,4132.T_R^{0,1457}.S^{-0,0986}.SN^{0,7344}.RUA^{0,2574}$$

(Sri Harto, 1981)

di mana :

TB = Waktu dasar (jam)

S = Landai sungai rata-rata

$$= \frac{elev.hulu(m) - elev.hilir(m)}{L(m)} = \frac{175 - 155}{7430} = 0,0026$$

SN = Frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat 1 dengan jumlah segmen sungai semua tingkat = (5/10) = 0,5

RUA = Perbandingan antara luas DTA yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun pengukuran dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DTA melewati titik tersebut dengan luas DTA total

$$RUA = \frac{AU}{A} = \frac{2,55}{6,27} = 0,410$$

d. **Φ indeks**

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} \cdot A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} \left[\frac{A}{SN} \right]^4$$

(Sri Harto, 1981)

e. **Aliran dasar**

$$Q_b = 0,4751 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,9430}$$

(Sri Harto, 1981)

dimana :

Q_b = Aliran dasar (m³/det)

A = Luas DTA (Km²) = 6,27 km²

D = Kerapatan jaringan kuras (*drainage density*)/ indeks kerapatan sungai yaitu perbandingan jumlah panjang sungai semua tingkat dibagi dengan luas DTA.

$$= \frac{14,1}{6,7} = 2,248 \text{ km/km}^2$$

f. **Faktor tampungan**

$$k = 0,5617 \cdot A^{0,1798} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0897} \cdot D^{0,0452}$$

(Sri Harto, 1981)

di mana :

k = koefisien tampungan

g. **Infiltrasi**

$$f = \frac{\Phi}{t^{0,15}}$$

(Sri Harto, 1981)

di mana :

f = infiltrasi (mm)

Φ = indeks infiltrasi

t = waktu (jam)

Tabel 4.24 Parameter Hidrograf Satuan Gama - 1

No	Parameter	Nilai
1	Jumlah pangsa sungai tingkat I	5 buah
2	Jumlah pangsa sungai semua tingkat	10 buah
3	Panjang pangsa sungai tingkat I	7,43 km
4	Panjang pangsa sungai semua tingkat	14,1 km
5	Panjang sungai utama (L)	7,43 km

No	Parameter	Nilai
6	0,25 L	1,858 km
7	0,75 L	5,573 km
8	Jumlah pertemuan sungai (JN)	5 buah
9	Luas Daerah DTA (A)	6,27 km ²
10	Luas DTA hulu (AU)	2,55 km ²
11	Lebar DTA pd 0,25 L	2,7 km
12	Lebar DTA pd 0,75 L	1,6 km
13	Kemiringan sungai rata-rata (S)	0,0026
14	Faktor sumber (SF)(3/4)	0,527
15	Frekuensi sumber (SN) (1/2)	0,500
16	Kerapatan jaringan kuras (D) (4/9)	2,249 km/km ²
17	Faktor Lebar (WF) (12/11)	0,593
18	Perbandingan AU dan A (RUA) (10/9)	0,407
19	RUA x WF = SIM (18x17)	0,241

Perhitungan :

a. Waktu mencapai puncak

$$T_R = 0,43 \left[\frac{L}{100.SF} \right]^3 + 1,06665.SIM + 1,2775 = 1,5345 \text{ jam}$$

b. Debit puncak

$$Q_p = 0,1836.A^{0,5886} .T_R^{-0,4008} .JN^{0,2381} = 0,668m^3 / \text{det}$$

c. Waktu dasar

$$T_B = 27,4132.T_R^{0,1457} .S^{-0,0986} .SN^{0,7344} RUA^{0,2574} = 21,8674 \text{ jam}$$

d. Φ indeks

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} .A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} \left[\frac{A}{SN} \right]^4 = 10,4902$$

e. Aliran dasar

$$Q_b = 0,4751 . A^{0,6444} . D^{0,9430} = 3,3302m^3 / \text{det}$$

f. Faktor tampungan

$$k = 0,5617.A^{0,1798} .S^{-0,1446} .SF^{-1,0897} .D^{0,0452} = 3,8521$$

g. Infiltrasi

$$f = \frac{\Phi}{t^{0,15}} = \frac{10,4858}{t^{0,15}}$$

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Infiltrasi

Waktu (t) (jam)	Infiltrasi (f) (mm)	Waktu (t) (jam)	Infiltrasi (t) (mm)
1	10,490	13	7,140
2	9,454	14	7,061
3	8,896	15	6,988
4	8,521	16	6,921
5	8,240	17	6,858
6	8,018	18	6,800
7	7,835	19	6,745
8	7,679	20	6,693
9	7,545	21	6,644
10	7,426	22	6,598
11	7,321	23	6,554
12	7,226	24	6,513

h. Unit Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama-I

Kurva hidrograf merupakan garis lurus sampai pada debit puncak (Q_p), sedangkan untuk debit yang terjadi pada jam ke-t dan setelahnya (setelah TR pada sumbu horizontal), maka ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/k}$$

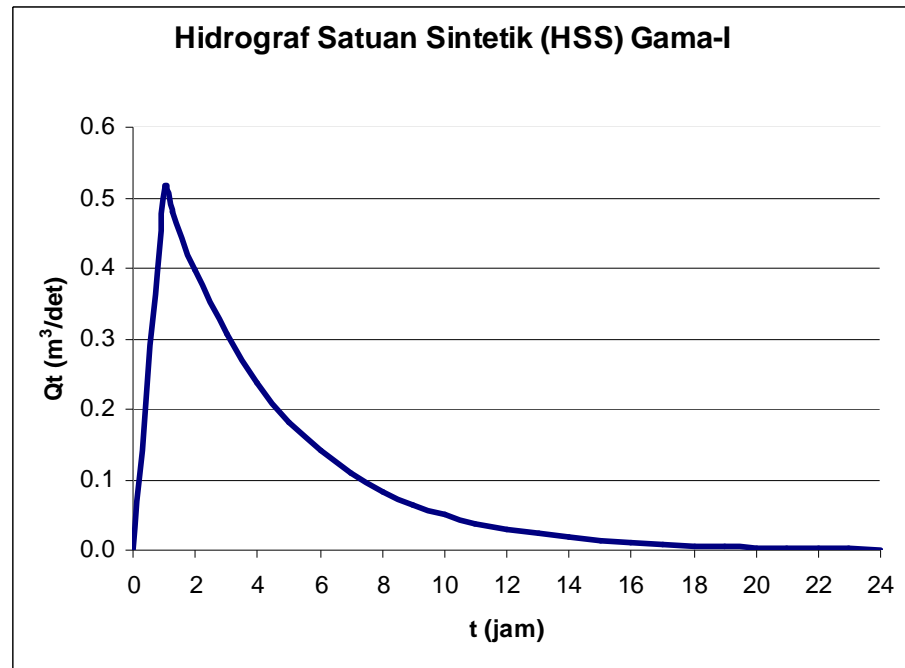
(Sri Harto, 1981)

Dimana : Q_t = Debit yang terjadi pada jam ke-t
 Q_p = Debit puncak
t = waktu
k = Faktor tampungan

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Q_t

Waktu (t) (jam)	Faktor Tampungan (k)	t/k	Debit Puncak (Q_p) (m ³ /detik)	Q_t (m ³ /detik)
0	3,8521	0,0000	0	0,0000
1	3,8521	0,2596	0,6684	0,5156

Waktu (t) (jam)	Faktor Tampung (k)	t/k	Debit Puncak (Qp) (m ³ /detik)	Qt (m ³ /detik)
1,5345	3,8521	0,3316	0,6684	0,4797
2	3,8521	0,5192	0,6684	0,3977
3	3,8521	0,7788	0,6684	0,3068
4	3,8521	1,0384	0,6684	0,2366
5	3,8521	1,2980	0,6684	0,1825
6	3,8521	1,5576	0,6684	0,1408
7	3,8521	1,8172	0,6684	0,1086
8	3,8521	2,0768	0,6684	0,0838
9	3,8521	2,3364	0,6684	0,0646
10	3,8521	2,5960	0,6684	0,0498
11	3,8521	2,8556	0,6684	0,0384
12	3,8521	3,1152	0,6684	0,0297
13	3,8521	3,3748	0,6684	0,0229
14	3,8521	3,6344	0,6684	0,0176
15	3,8521	3,8940	0,6684	0,0136
16	3,8521	4,1535	0,6684	0,0105
17	3,8521	4,4131	0,6684	0,0081
18	3,8521	4,6727	0,6684	0,0062
19	3,8521	4,9323	0,6684	0,0048
20	3,8521	5,1919	0,6684	0,0037
21	3,8521	5,4515	0,6684	0,0029
22	3,8521	5,7111	0,6684	0,0022
23	3,8521	5,9707	0,6684	0,0017
24	3,8521	6,2303	0,6684	0,0013



Gambar 4-3 Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gama-I

i. *Hujan Efektif Jam-Jaman*

$$Re = I - f$$

(Sri Harto, 1981)

di mana : Re = Hujan Efektif (mm/jam)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

f = Infiltrasi (mm/jam)

Tabel 4.27 Perhitungan Hujan Efektif Tiap Jam pada Periode Ulang 2 Tahun

t (jam)	R (mm)	I (mm/jam)	% I	f (mm)	Re (mm/jam)
1	131,1595	45,4705	15,9598	10,4901	34,9803
2	131,1595	28,6446	10,0541	9,4543	19,1903
3	131,1595	21,8599	7,6727	8,8964	12,9635
4	131,1595	18,0450	6,3337	8,5206	9,5243
5	131,1595	15,5507	5,4582	8,2402	7,3105
6	131,1595	13,7709	4,8335	8,0179	5,7530
7	131,1595	12,4260	4,3614	7,8346	4,5914
8	131,1595	11,3676	3,9900	7,6792	3,6884
9	131,1595	10,5092	3,6886	7,5448	2,9644
10	131,1595	9,7963	3,4384	7,4265	2,3699
11	131,1595	9,1932	3,2268	7,3210	1,8722
12	131,1595	8,6751	3,0449	7,2261	1,4490
13	131,1595	8,2243	2,8867	7,1399	1,0845
14	131,1595	7,8279	2,7475	7,0609	0,7669
15	131,1595	7,4760	2,6240	6,9882	0,4877
16	131,1595	7,1611	2,5135	6,9209	0,2402
17	131,1595	6,8775	2,4140	6,8583	0,0192
18	131,1595	6,6204	2,3237	6,7997	0,0000
19	131,1595	6,3860	2,2414	6,7448	0,0000
20	131,1595	6,1713	2,1661	6,6931	0,0000
21	131,1595	5,9738	2,0968	6,6443	0,0000
22	131,1595	5,7914	2,0327	6,5981	0,0000
23	131,1595	5,6223	1,9734	6,5542	0,0000
24	131,1595	5,4650	1,9182	6,5125	0,0000

Tabel 4.28 Perhitungan Hujan Efektif Periode Ulang 5 th

t (jam)	R (mm)	I (mm/jam)	% I	f (mm)	Re (mm/jam)
1	182,0958	63,1291	15,9598	10,4901	52,6389
2	182,0958	39,7688	10,0541	9,4543	30,3146
3	182,0958	30,3493	7,6727	8,8964	21,4529
4	182,0958	25,0528	6,3337	8,5206	16,5321
5	182,0958	21,5898	5,4582	8,2402	13,3497
6	182,0958	19,1189	4,8335	8,0179	11,1010
7	182,0958	17,2517	4,3614	7,8346	9,4171
8	182,0958	15,7823	3,9900	7,6792	8,1030
9	182,0958	14,5904	3,6886	7,5448	7,0457
10	182,0958	13,6007	3,4384	7,4265	6,1743
11	182,0958	12,7634	3,2268	7,3210	5,4424
12	182,0958	12,0441	3,0449	7,2261	4,8180
13	182,0958	11,4183	2,8867	7,1399	4,2784
14	182,0958	10,8679	2,7475	7,0609	3,8069
15	182,0958	10,3793	2,6240	6,9882	3,3911
16	182,0958	9,9422	2,5135	6,9209	3,0213
17	182,0958	9,5484	2,4140	6,8583	2,6901
18	182,0958	9,1914	2,3237	6,7997	2,3917
19	182,0958	8,8660	2,2414	6,7448	2,1212
20	182,0958	8,5679	2,1661	6,6931	1,8748
21	182,0958	8,2937	2,0968	6,6443	1,6494
22	182,0958	8,0405	2,0327	6,5981	1,4424
23	182,0958	7,8057	1,9734	6,5542	1,2514
24	182,0958	7,5873	1,9182	6,5125	1,0748

Tabel 4.29 Perhitungan Hujan Efektif Periode Ulang 10 th

t (jam)	R (mm)	I (mm/jam)	% I	f (mm)	Re (mm/jam)
1	220,1405	76,3184	15,9598	10,4901	65,8283
2	220,1405	48,0776	10,0541	9,4543	38,6234
3	220,1405	36,6901	7,6727	8,8964	27,7937
4	220,1405	30,2870	6,3337	8,5206	21,7663
5	220,1405	26,1005	5,4582	8,2402	17,8604
6	220,1405	23,1133	4,8335	8,0179	15,0954
7	220,1405	20,8560	4,3614	7,8346	13,0214
8	220,1405	19,0796	3,9900	7,6792	11,4004
9	220,1405	17,6388	3,6886	7,5448	10,0940
10	220,1405	16,4423	3,4384	7,4265	9,0159
11	220,1405	15,4301	3,2268	7,3210	8,1090
12	220,1405	14,5605	3,0449	7,2261	7,3344
13	220,1405	13,8039	2,8867	7,1399	6,6640
14	220,1405	13,1385	2,7475	7,0609	6,0775
15	220,1405	12,5478	2,6240	6,9882	5,5596
16	220,1405	12,0194	2,5135	6,9209	5,0985
17	220,1405	11,5433	2,4140	6,8583	4,6850
18	220,1405	11,1117	2,3237	6,7997	4,3120
19	220,1405	10,7183	2,2414	6,7448	3,9735
20	220,1405	10,3580	2,1661	6,6931	3,6649
21	220,1405	10,0265	2,0968	6,6443	3,3822
22	220,1405	9,7203	2,0327	6,5981	3,1222
23	220,1405	9,4365	1,9734	6,5542	2,8823
24	220,1405	9,1725	1,9182	6,5125	2,6600

Tabel 4.30 Perhitungan Hujan Efektif Periode Ulang 50 th

t (jam)	R (mm)	I (mm/jam)	% I	f (mm)	Re (mm/jam)
1	319,3007	110,6954	15,9598	10,4901	100,2052
2	319,3007	69,7337	10,0541	9,4543	60,2795
3	319,3007	53,2168	7,6727	8,8964	44,3204
4	319,3007	43,9295	6,3337	8,5206	35,4088
5	319,3007	37,8573	5,4582	8,2402	29,6171
6	319,3007	33,5245	4,8335	8,0179	25,5066
7	319,3007	30,2504	4,3614	7,8346	22,4158
8	319,3007	27,6738	3,9900	7,6792	19,9946
9	319,3007	25,5840	3,6886	7,5448	18,0392
10	319,3007	23,8486	3,4384	7,4265	16,4221
11	319,3007	22,3804	3,2268	7,3210	15,0594
12	319,3007	21,1191	3,0449	7,2261	13,8930
13	319,3007	20,0217	2,8867	7,1399	12,8818
14	319,3007	19,0565	2,7475	7,0609	11,9956
15	319,3007	18,1999	2,6240	6,9882	11,2116
16	319,3007	17,4334	2,5135	6,9209	10,5125
17	319,3007	16,7429	2,4140	6,8583	9,8846
18	319,3007	16,1169	2,3237	6,7997	9,3172
19	319,3007	15,5463	2,2414	6,7448	8,8015
20	319,3007	15,0237	2,1661	6,6931	8,3306
21	319,3007	14,5429	2,0968	6,6443	7,8986
22	319,3007	14,0988	2,0327	6,5981	7,5007
23	319,3007	13,6871	1,9734	6,5542	7,1328
24	319,3007	13,3042	1,9182	6,5125	6,7917

Tabel 4.31 Perhitungan Hujan Efektif Periode Ulang 100 th

t (jam)	R (mm)	I (mm/jam)	% I	f (mm)	Re (mm/jam)
1	368,2137	127,6526	15,9598	10,4901	117,1624
2	368,2137	80,4161	10,0541	9,4543	70,9618
3	368,2137	61,3690	7,6727	8,8964	52,4726
4	368,2137	50,6590	6,3337	8,5206	42,1383
5	368,2137	43,6566	5,4582	8,2402	35,4164
6	368,2137	38,6600	4,8335	8,0179	30,6421
7	368,2137	34,8844	4,3614	7,8346	27,0498
8	368,2137	31,9131	3,9900	7,6792	24,2339
9	368,2137	29,5031	3,6886	7,5448	21,9584
10	368,2137	27,5019	3,4384	7,4265	20,0755
11	368,2137	25,8088	3,2268	7,3210	18,4878
12	368,2137	24,3543	3,0449	7,2261	17,1282
13	368,2137	23,0888	2,8867	7,1399	15,9489
14	368,2137	21,9758	2,7475	7,0609	14,9148
15	368,2137	20,9879	2,6240	6,9882	13,9996
16	368,2137	20,1040	2,5135	6,9209	13,1831
17	368,2137	19,3077	2,4140	6,8583	12,4494
18	368,2137	18,5858	2,3237	6,7997	11,7861
19	368,2137	17,9278	2,2414	6,7448	11,1830
20	368,2137	17,3251	2,1661	6,6931	10,6320
21	368,2137	16,7707	2,0968	6,6443	10,1264
22	368,2137	16,2585	2,0327	6,5981	9,6604
23	368,2137	15,7838	1,9734	6,5542	9,2295
24	368,2137	15,3422	1,9182	6,5125	8,8297

j. Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I

Analisis hidrograf banjir untuk kala ulang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{\text{total}} = U_1 \cdot Re_i + U_2 \cdot Re_{i-1} + U_3 \cdot Re_{i-2} + \dots + U_n \cdot Re_{i-(n+1)} + Q_b$$

(Sri Harto, 1981)

Di mana :

Q_{total} = Debit Banjir Rancangan untuk periode ulang T tahun

U_n = Ordinat Unit *HSS Gama-I*

Re_i = Hujan efektif pada jam ke i

Q_b = Aliran dasar (*Base Flow*)

Tabel 4.32 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I T=2 Tahun

t (jam)	UHSS (Q)	Curah Hujan Efektif (mm)																								Qb (.m3/det)	Q total (.m3/det)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
jam	Re (m3/det)	34980	19190	12964	9524	7311	5753	4591	3688	2964	2370	1872	1449	1084	0767	0488	0240	0019	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	3.330	3.330
0	0,000	0,000																									3,330	3,330
1	0,516	18,035	0,000																								3,330	21,365
2	0,398	13,911	9,894	0,000																							3,330	27,135
3	0,307	10,731	7,632	6,684	0,000																						3,330	28,376
4	0,237	8,277	5,887	5,155	4,910	0,000																					3,330	27,560
5	0,183	6,385	4,541	3,977	3,788	3,769	0,000																				3,330	25,789
6	0,141	4,925	3,503	3,067	2,922	2,907	2,966	0,000																			3,330	23,620
7	0,109	3,799	2,702	2,366	2,254	2,243	2,288	2,367	0,000																		3,330	21,348
8	0,084	2,930	2,084	1,825	1,738	1,730	1,765	1,826	1,902	0,000																	3,330	19,130
9	0,065	2,260	1,608	1,408	1,341	1,334	1,361	1,408	1,467	1,528	0,000																3,330	17,046
10	0,050	1,744	1,240	1,086	1,034	1,029	1,050	1,086	1,131	1,179	1,222	0,000															3,330	15,132
11	0,038	1,345	0,957	0,838	0,798	0,794	0,810	0,838	0,873	0,909	0,942	0,965	0,000														3,330	13,399
12	0,030	1,037	0,738	0,646	0,615	0,612	0,625	0,646	0,673	0,701	0,727	0,745	0,747	0,000													3,330	11,844
13	0,023	0,800	0,569	0,498	0,475	0,472	0,482	0,499	0,519	0,541	0,561	0,574	0,576	0,559	0,000												3,330	10,456
14	0,018	0,617	0,439	0,384	0,366	0,364	0,372	0,385	0,401	0,417	0,433	0,443	0,444	0,431	0,395	0,000											3,330	9,223
15	0,014	0,476	0,339	0,297	0,282	0,281	0,287	0,297	0,309	0,322	0,334	0,342	0,343	0,333	0,305	0,251	0,000										3,330	8,127
16	0,010	0,367	0,261	0,229	0,218	0,217	0,221	0,229	0,238	0,248	0,257	0,264	0,264	0,257	0,235	0,194	0,124	0,000									3,330	7,154
17	0,008	0,283	0,201	0,176	0,168	0,167	0,171	0,177	0,184	0,192	0,199	0,203	0,204	0,198	0,181	0,150	0,096	0,010	0,000								3,330	6,290
18	0,006	0,219	0,155	0,136	0,130	0,129	0,132	0,136	0,142	0,148	0,153	0,157	0,157	0,153	0,140	0,115	0,074	0,008	0,000	0,000							3,330	5,613
19	0,005	0,169	0,120	0,105	0,100	0,100	0,102	0,105	0,109	0,114	0,118	0,121	0,121	0,118	0,108	0,089	0,057	0,006	0,000	0,000	0,000						3,330	5,091
20	0,004	0,130	0,092	0,081	0,077	0,077	0,078	0,081	0,084	0,088	0,091	0,093	0,094	0,091	0,083	0,069	0,044	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000					3,330	4,688
21	0,003	0,100	0,071	0,062	0,059	0,059	0,060	0,062	0,065	0,068	0,070	0,072	0,072	0,070	0,064	0,053	0,034	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				3,330	4,378
22	0,002	0,077	0,055	0,048	0,046	0,046	0,047	0,048	0,050	0,052	0,054	0,056	0,056	0,054	0,050	0,041	0,026	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			3,330	4,138
23	0,002	0,060	0,042	0,037	0,035	0,035	0,036	0,037	0,039	0,040	0,042	0,043	0,043	0,042	0,038	0,032	0,020	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		3,330	3,954
24	0,001	0,046	0,033	0,029	0,027	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,032	0,033	0,033	0,032	0,029	0,024	0,016	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		3,330	3,811

Tabel 4.33 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I T=5 Tahun

t (jam)	UHSS (Q ₀)	Curah Hujan Efektif (mm)																								Q _b (m ³ /det)	Q _{total} (m ³ /det)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
jam	Re (m ³ /det)	52,639	30,315	21,453	16,532	13,350	11,101	9,417	8,103	7,046	6,174	5,442	4,818	4,278	3,807	3,391	3,021	2,690	2,392	2,121	1,875	1,649	1,442	1,251	1,075			
0	0,000	0,000																									3,330	3,330
1	0,516	27,139	0,000																								3,330	30,469
2	0,398	20,934	15,629	0,000																							3,330	39,893
3	0,307	16,148	12,036	11,060	0,000																						3,330	42,594
4	0,237	12,456	9,299	8,532	8,523	0,000																					3,330	42,140
5	0,183	9,608	7,173	6,581	6,575	6,883	0,000																				3,330	40,149
6	0,141	7,411	5,533	5,076	5,071	5,309	5,723	0,000																			3,330	37,454
7	0,109	5,717	4,268	3,916	3,912	4,095	4,415	4,855	0,000																		3,330	34,507
8	0,084	4,410	3,292	3,020	3,017	3,159	3,405	3,745	4,178	0,000																	3,330	31,557
9	0,065	3,401	2,539	2,330	2,328	2,437	2,627	2,889	3,222	3,632	0,000																3,330	28,736
10	0,050	2,624	1,959	1,797	1,795	1,880	2,026	2,228	2,486	2,802	3,183	0,000															3,330	26,110
11	0,038	2,024	1,511	1,386	1,385	1,450	1,563	1,719	1,917	2,161	2,455	2,806	0,000														3,330	23,708
12	0,030	1,561	1,166	1,069	1,068	1,118	1,206	1,326	1,479	1,667	1,894	2,164	2,484	0,000													3,330	21,533
13	0,023	1,204	0,899	0,825	0,824	0,863	0,930	1,023	1,141	1,286	1,461	1,670	1,916	2,206	0,000												3,330	19,577
14	0,018	0,929	0,693	0,636	0,636	0,665	0,717	0,789	0,880	0,992	1,127	1,288	1,478	1,701	1,963	0,000											3,330	17,825
15	0,014	0,716	0,535	0,491	0,490	0,513	0,553	0,609	0,679	0,765	0,869	0,993	1,140	1,312	1,514	1,748	0,000										3,330	16,259
16	0,010	0,553	0,413	0,379	0,378	0,396	0,427	0,469	0,524	0,590	0,671	0,766	0,879	1,012	1,168	1,349	1,558	0,000									3,330	14,861
17	0,008	0,426	0,318	0,292	0,292	0,305	0,329	0,362	0,404	0,455	0,517	0,591	0,678	0,781	0,901	1,040	1,202	1,387	0,000								3,330	13,611
18	0,006	0,329	0,246	0,225	0,225	0,236	0,254	0,279	0,312	0,351	0,399	0,456	0,523	0,602	0,695	0,802	0,927	1,070	1,233	0,000							3,330	12,494
19	0,005	0,254	0,189	0,174	0,174	0,182	0,196	0,215	0,240	0,271	0,308	0,352	0,404	0,465	0,536	0,619	0,715	0,825	0,951	1,094	0,000						3,330	11,492
20	0,004	0,196	0,146	0,134	0,134	0,140	0,151	0,166	0,185	0,209	0,237	0,271	0,311	0,358	0,413	0,477	0,551	0,637	0,734	0,844	0,967	0,000					3,330	10,593
21	0,003	0,151	0,113	0,103	0,103	0,108	0,117	0,128	0,143	0,161	0,183	0,209	0,240	0,276	0,319	0,368	0,425	0,491	0,566	0,651	0,746	0,850	0,000				3,330	9,783
22	0,002	0,116	0,087	0,080	0,080	0,083	0,090	0,099	0,110	0,124	0,141	0,161	0,185	0,213	0,246	0,284	0,328	0,379	0,437	0,502	0,575	0,656	0,744	0,000			3,330	9,051
23	0,002	0,090	0,067	0,062	0,061	0,064	0,069	0,076	0,085	0,096	0,109	0,125	0,143	0,164	0,190	0,219	0,253	0,292	0,337	0,387	0,444	0,506	0,574	0,645	0,000	3,330	8,388	
24	0,001	0,069	0,052	0,047	0,047	0,050	0,053	0,059	0,066	0,074	0,084	0,096	0,110	0,127	0,146	0,169	0,195	0,225	0,260	0,299	0,342	0,390	0,442	0,498	0,554	3,330	7,786	

Tabel 4.34 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I T=10 Tahun

t (jam)	UHSS (Q ₀)	Curah Hujan Efektif (mm)																								Q ₀ (m ³ /det)	Q _{total} (m ³ /det)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
jam	Re (m ³ /det)	65,828	38,623	27,794	21,766	17,860	15,095	13,021	11,400	10,094	9,016	8,109	7,334	6,664	6,078	5,560	5,098	4,685	4,312	3,974	3,665	3,382	3,122	2,882	2,660			
0	0,000	0,000																									3,330	3,330
1	0,516	33,939	0,000																								3,330	37,269
2	0,398	26,179	19,913	0,000																							3,330	49,422
3	0,307	20,194	15,360	14,329	0,000																						3,330	53,213
4	0,237	15,577	11,848	11,053	11,222	0,000																					3,330	53,030
5	0,183	12,015	9,139	8,526	8,656	9,208	0,000																				3,330	50,875
6	0,141	9,268	7,050	6,577	6,677	7,103	7,783	0,000																			3,330	47,787
7	0,109	7,149	5,438	5,073	5,150	5,479	6,003	6,713	0,000																		3,330	44,336
8	0,084	5,514	4,195	3,913	3,973	4,226	4,631	5,178	5,878	0,000																	3,330	40,838
9	0,065	4,254	3,236	3,018	3,065	3,260	3,572	3,994	4,534	5,204	0,000																3,330	37,466
10	0,050	3,281	2,496	2,328	2,364	2,515	2,755	3,081	3,497	4,014	4,648	0,000															3,330	34,310
11	0,038	2,531	1,925	1,796	1,823	1,940	2,125	2,377	2,698	3,096	3,585	4,181	0,000														3,330	31,407
12	0,030	1,952	1,485	1,385	1,406	1,496	1,639	1,833	2,081	2,388	2,766	3,225	3,781	0,000													3,330	28,769
13	0,023	1,506	1,145	1,069	1,085	1,154	1,265	1,414	1,605	1,842	2,133	2,488	2,917	3,436	0,000												3,330	26,389
14	0,018	1,162	0,884	0,824	0,837	0,890	0,975	1,091	1,238	1,421	1,646	1,919	2,250	2,650	3,133	0,000											3,330	24,250
15	0,014	0,896	0,682	0,636	0,646	0,687	0,752	0,841	0,955	1,096	1,269	1,480	1,735	2,044	2,417	2,866	0,000										3,330	22,333
16	0,010	0,691	0,526	0,490	0,498	0,530	0,580	0,649	0,737	0,846	0,979	1,142	1,339	1,577	1,864	2,211	2,629	0,000									3,330	20,617
17	0,008	0,533	0,406	0,378	0,384	0,409	0,448	0,501	0,568	0,652	0,755	0,881	1,033	1,216	1,438	1,705	2,028	2,415	0,000								3,330	19,080
18	0,006	0,411	0,313	0,292	0,296	0,315	0,345	0,386	0,438	0,503	0,583	0,679	0,797	0,938	1,109	1,316	1,564	1,863	2,223	0,000							3,330	17,702
19	0,005	0,317	0,241	0,225	0,229	0,243	0,266	0,298	0,338	0,388	0,449	0,524	0,614	0,724	0,856	1,015	1,206	1,437	1,715	2,049	0,000						3,330	16,465
20	0,004	0,245	0,186	0,174	0,176	0,188	0,205	0,230	0,261	0,299	0,347	0,404	0,474	0,558	0,660	0,783	0,931	1,109	1,323	1,580	1,889	0,000					3,330	15,351
21	0,003	0,189	0,144	0,134	0,136	0,145	0,158	0,177	0,201	0,231	0,267	0,312	0,366	0,431	0,509	0,604	0,718	0,855	1,020	1,219	1,457	1,744	0,000				3,330	14,347
22	0,002	0,146	0,111	0,103	0,105	0,112	0,122	0,137	0,155	0,178	0,206	0,240	0,282	0,332	0,393	0,466	0,554	0,660	0,787	0,940	1,124	1,345	1,610	0,000			3,330	13,438
23	0,002	0,112	0,085	0,080	0,081	0,086	0,094	0,105	0,120	0,137	0,159	0,186	0,218	0,256	0,303	0,359	0,427	0,509	0,607	0,725	0,867	1,038	1,242	1,486	0,000		3,330	12,613
24	0,001	0,087	0,066	0,061	0,062	0,066	0,073	0,081	0,092	0,106	0,123	0,143	0,168	0,198	0,234	0,277	0,329	0,392	0,468	0,559	0,669	0,800	0,958	1,146	1,371	0,000	3,330	11,862

Tabel 4.35 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I T=25 Tahun

t (jam)	UHSS (Q)	Curah Hujan Efektif (mm)																								Qb (m ³ /det)	Q total (m ³ /det)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
jam	Re (m ³ /det)	84,642	50,476	36,839	29,233	24,295	20,793	18,163	16,104	14,442	13,069	11,913	10,924	10,067	9,316	8,653	8,062	7,531	7,051	6,616	6,218	5,854	5,519	5,209	4,921			
0	0,000	0,000																									3,330	3,330
1	0,516	43,639	0,000																								3,330	46,969
2	0,398	33,661	26,023	0,000																							3,330	63,015
3	0,307	25,965	20,073	18,993	0,000																						3,330	68,361
4	0,237	20,028	15,484	14,650	15,071	0,000																					3,330	68,564
5	0,183	15,449	11,944	11,301	11,625	12,525	0,000																				3,330	66,175
6	0,141	11,917	9,213	8,717	8,967	9,662	10,720	0,000																			3,330	62,526
7	0,109	9,192	7,107	6,724	6,917	7,453	8,269	9,364	0,000																		3,330	58,336
8	0,084	7,091	5,482	5,187	5,336	5,749	6,379	7,223	8,303	0,000																	3,330	54,078
9	0,065	5,469	4,228	4,001	4,116	4,434	4,920	5,572	6,404	7,446	0,000																3,330	49,921
10	0,050	4,219	3,262	3,086	3,175	3,420	3,795	4,298	4,940	5,744	6,738	0,000															3,330	46,006
11	0,038	3,254	2,516	2,380	2,449	2,638	2,928	3,315	3,811	4,430	5,197	6,142	0,000														3,330	42,391
12	0,030	2,510	1,941	1,836	1,889	2,035	2,258	2,557	2,939	3,417	4,009	4,738	5,632	0,000													3,330	39,092
13	0,023	1,936	1,497	1,416	1,457	1,570	1,742	1,973	2,267	2,636	3,092	3,654	4,344	5,190	0,000												3,330	36,106
14	0,018	1,494	1,155	1,093	1,124	1,211	1,344	1,522	1,749	2,033	2,385	2,819	3,351	4,003	4,803	0,000											3,330	33,415
15	0,014	1,152	0,891	0,843	0,867	0,934	1,036	1,174	1,349	1,568	1,840	2,174	2,585	3,088	3,705	4,461	0,000										3,330	30,998
16	0,010	0,889	0,687	0,650	0,669	0,721	0,799	0,905	1,041	1,210	1,419	1,677	1,994	2,382	2,858	3,441	4,156	0,000									3,330	28,828
17	0,008	0,686	0,530	0,501	0,516	0,556	0,617	0,698	0,803	0,933	1,095	1,294	1,538	1,837	2,204	2,654	3,206	3,883	0,000								3,330	26,881
18	0,006	0,529	0,409	0,387	0,398	0,429	0,476	0,539	0,619	0,720	0,845	0,998	1,186	1,417	1,700	2,047	2,473	2,995	3,635	0,000							3,330	25,132
19	0,005	0,408	0,315	0,298	0,307	0,331	0,367	0,415	0,478	0,555	0,651	0,770	0,915	1,093	1,312	1,579	1,908	2,310	2,804	3,411	0,000						3,330	23,558
20	0,004	0,315	0,243	0,230	0,237	0,255	0,283	0,320	0,368	0,428	0,502	0,594	0,706	0,843	1,012	1,218	1,471	1,782	2,163	2,631	3,206	0,000					3,330	22,139
21	0,003	0,243	0,188	0,178	0,183	0,197	0,218	0,247	0,284	0,330	0,388	0,458	0,544	0,651	0,780	0,940	1,135	1,375	1,669	2,029	2,473	3,018	0,000				3,330	20,857
22	0,002	0,187	0,145	0,137	0,141	0,152	0,168	0,191	0,219	0,255	0,299	0,353	0,420	0,502	0,602	0,725	0,875	1,060	1,287	1,565	1,908	2,328	2,845	0,000			3,330	19,695
23	0,002	0,144	0,112	0,106	0,109	0,117	0,130	0,147	0,169	0,197	0,231	0,273	0,324	0,387	0,464	0,559	0,675	0,818	0,993	1,208	1,471	1,796	2,195	2,685	0,000	3,330	18,639	
24	0,001	0,111	0,086	0,081	0,084	0,090	0,100	0,113	0,130	0,152	0,178	0,210	0,250	0,299	0,358	0,431	0,521	0,631	0,766	0,931	1,135	1,385	1,693	2,071	2,537	3,330	17,676	

Tabel 4.36 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I T=50 Tahun

t (jam)	UHSS (Q)	Curah Hujan Efektif (mm)																								Q _b (m ³ /det)	Q _{total} (m ³ /det)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
jam	Re (m ³ /det)	100,205	60,279	44,320	35,409	29,617	25,507	22,416	19,995	18,039	16,422	15,059	13,893	12,882	11,996	11,212	10,513	9,885	9,317	8,802	8,331	7,899	7,501	7,133	6,792				
0	0,000	0,000																									3,330	3,330	
1	0,516	51,662	0,000																									3,330	54,992
2	0,398	39,850	31,078	0,000																								3,330	74,258
3	0,307	30,739	23,972	22,850	0,000																							3,330	80,891
4	0,237	23,711	18,491	17,626	18,256	0,000																						3,330	81,414
5	0,183	18,290	14,264	13,596	14,082	15,270	0,000																					3,330	78,830
6	0,141	14,108	11,002	10,487	10,862	11,778	13,150	0,000																				3,330	74,718
7	0,109	10,882	8,487	8,089	8,379	9,085	10,144	11,557	0,000																			3,330	69,953
8	0,084	8,394	6,546	6,240	6,463	7,008	7,824	8,914	10,308	0,000																		3,330	65,029
9	0,065	6,475	5,050	4,813	4,985	5,406	6,035	6,876	7,952	9,300	0,000																	3,330	60,223
10	0,050	4,995	3,895	3,713	3,845	4,170	4,656	5,304	6,134	7,174	8,467	0,000																3,330	55,682
11	0,038	3,853	3,005	2,864	2,966	3,216	3,591	4,091	4,731	5,534	6,531	7,764	0,000															3,330	51,476
12	0,030	2,972	2,318	2,209	2,288	2,481	2,770	3,156	3,649	4,269	5,038	5,989	7,163	0,000														3,330	47,631
13	0,023	2,292	1,788	1,704	1,765	1,914	2,137	2,434	2,815	3,293	3,886	4,620	5,525	6,641	0,000													3,330	44,144
14	0,018	1,768	1,379	1,314	1,361	1,476	1,648	1,878	2,171	2,540	2,997	3,563	4,262	5,123	6,184	0,000												3,330	40,997
15	0,014	1,364	1,064	1,014	1,050	1,139	1,271	1,448	1,675	1,959	2,312	2,749	3,287	3,952	4,770	5,780	0,000											3,330	38,165
16	0,010	1,052	0,820	0,782	0,810	0,878	0,981	1,117	1,292	1,511	1,783	2,120	2,536	3,048	3,680	4,459	5,420	0,000										3,330	35,620
17	0,008	0,812	0,633	0,603	0,625	0,678	0,756	0,862	0,997	1,166	1,376	1,635	1,956	2,351	2,838	3,439	4,181	5,096	0,000									3,330	33,334
18	0,006	0,626	0,488	0,465	0,482	0,523	0,583	0,665	0,769	0,899	1,061	1,262	1,509	1,814	2,189	2,653	3,225	3,931	4,804	0,000								3,330	31,277
19	0,005	0,483	0,377	0,359	0,372	0,403	0,450	0,513	0,593	0,694	0,819	0,973	1,164	1,399	1,689	2,046	2,488	3,032	3,705	4,538	0,000							3,330	29,425
20	0,004	0,372	0,290	0,277	0,287	0,311	0,347	0,396	0,457	0,535	0,631	0,751	0,898	1,079	1,303	1,578	1,919	2,339	2,858	3,500	4,295	0,000						3,330	27,754
21	0,003	0,287	0,224	0,214	0,221	0,240	0,268	0,305	0,353	0,413	0,487	0,579	0,692	0,832	1,005	1,218	1,480	1,804	2,205	2,700	3,313	4,072	0,000					3,330	26,242
22	0,002	0,222	0,173	0,165	0,171	0,185	0,207	0,235	0,272	0,318	0,376	0,447	0,534	0,642	0,775	0,939	1,142	1,392	1,701	2,083	2,555	3,141	3,867	0,000				3,330	24,871
23	0,002	0,171	0,133	0,127	0,132	0,143	0,159	0,182	0,210	0,246	0,290	0,345	0,412	0,495	0,598	0,724	0,881	1,073	1,312	1,606	1,971	2,423	2,983	3,677	0,000	3,330	23,623		
24	0,001	0,132	0,103	0,098	0,102	0,110	0,123	0,140	0,162	0,189	0,224	0,266	0,318	0,382	0,461	0,559	0,679	0,828	1,012	1,239	1,521	1,869	2,301	2,837	3,502	3,330	22,485		

Tabel 4.37 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gama-I T=100 Tahun

t (jam)	UHSS (Qb) Re (m ³ /det)	Curah Hujan Efektif (mm)																								Qb (m ³ /det)	Q total (m ³ /det)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
jam	Re (m ³ /det)	117,162	70,962	52,473	42,138	35,416	30,642	27,050	24,234	21,958	20,075	18,488	17,128	15,949	14,915	14,000	13,183	12,449	11,786	11,183	10,632	10,126	9,660	9,230	8,830			
0	0,000	0,000																									3,330	3,330
1	0,516	60,405	0,000																								3,330	63,735
2	0,398	46,594	36,585	0,000																							3,330	86,509
3	0,307	35,941	28,221	27,053	0,000																						3,330	94,544
4	0,237	27,723	21,768	20,868	21,725	0,000																					3,330	95,414
5	0,183	21,385	16,791	16,097	16,758	18,259	0,000																				3,330	92,620
6	0,141	16,495	12,952	12,416	12,926	14,085	15,798	0,000																			3,330	88,003
7	0,109	12,724	9,991	9,577	9,971	10,864	12,186	13,946	0,000																		3,330	82,589
8	0,084	9,815	7,707	7,388	7,691	8,380	9,400	10,757	12,494	0,000																	3,330	76,962
9	0,065	7,571	5,945	5,699	5,933	6,464	7,251	8,298	9,637	11,321	0,000																3,330	71,448
10	0,050	5,840	4,585	4,396	4,576	4,986	5,593	6,401	7,434	8,733	10,350	0,000															3,330	66,224
11	0,038	4,505	3,537	3,391	3,530	3,846	4,314	4,937	5,734	6,736	7,984	9,532	0,000														3,330	61,376
12	0,030	3,475	2,728	2,615	2,723	2,967	3,328	3,808	4,423	5,196	6,158	7,352	8,831	0,000													3,330	56,935
13	0,023	2,680	2,105	2,017	2,100	2,289	2,567	2,938	3,412	4,008	4,750	5,671	6,812	8,223	0,000												3,330	52,902
14	0,018	2,067	1,623	1,556	1,620	1,765	1,980	2,266	2,632	3,092	3,664	4,375	5,254	6,343	7,690	0,000											3,330	49,257
15	0,014	1,595	1,252	1,200	1,250	1,362	1,527	1,748	2,030	2,385	2,826	3,374	4,053	4,892	5,931	7,218	0,000										3,330	45,974
16	0,010	1,230	0,966	0,926	0,964	1,050	1,178	1,348	1,566	1,839	2,180	2,603	3,126	3,774	4,575	5,567	6,797	0,000									3,330	43,021
17	0,008	0,949	0,745	0,714	0,744	0,810	0,909	1,040	1,208	1,419	1,682	2,008	2,411	2,911	3,529	4,295	5,243	6,418	0,000								3,330	40,365
18	0,006	0,732	0,575	0,551	0,574	0,625	0,701	0,802	0,932	1,094	1,297	1,549	1,860	2,245	2,722	3,313	4,044	4,951	6,076	0,000							3,330	37,974
19	0,005	0,565	0,443	0,425	0,442	0,482	0,541	0,619	0,719	0,844	1,001	1,195	1,435	1,732	2,100	2,555	3,119	3,819	4,687	5,766	0,000						3,330	35,818
20	0,004	0,435	0,342	0,328	0,341	0,372	0,417	0,477	0,554	0,651	0,772	0,921	1,107	1,336	1,620	1,971	2,406	2,946	3,616	4,447	5,481	0,000					3,330	33,872
21	0,003	0,336	0,264	0,253	0,263	0,287	0,322	0,368	0,428	0,502	0,595	0,711	0,854	1,031	1,249	1,520	1,856	2,272	2,789	3,431	4,228	5,221	0,000				3,330	32,110
22	0,002	0,259	0,203	0,195	0,203	0,221	0,248	0,284	0,330	0,387	0,459	0,548	0,659	0,795	0,964	1,173	1,432	1,753	2,151	2,646	3,261	4,027	4,981	0,000			3,330	30,510
23	0,002	0,200	0,157	0,150	0,157	0,171	0,191	0,219	0,254	0,299	0,354	0,423	0,508	0,613	0,743	0,905	1,104	1,352	1,659	2,041	2,516	3,106	3,842	4,758	0,000	3,330	29,054	
24	0,001	0,154	0,121	0,116	0,121	0,132	0,148	0,169	0,196	0,231	0,273	0,326	0,392	0,473	0,573	0,698	0,852	1,043	1,280	1,574	1,941	2,396	2,963	3,670	4,552	3,330	27,725	

Tabel 4.38 Rekapitulasi Unit Hidrograf Satuan Sintetik (UHSS) Gama-I
Berdasarkan Periode Ulang

t (jam)	Q ₂ (m ³ /det)	Q ₅ (m ³ /det)	Q ₁₀ (m ³ /det)	Q ₂₅ (m ³ /det)	Q ₅₀ (m ³ /det)	Q ₁₀₀ (m ³ /det)
0	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330	3,330
1	21,365	30,469	37,269	46,969	54,992	63,735
2	27,135	39,893	49,422	63,015	74,258	86,509
3	28,376	42,594	53,213	68,361	80,891	94,544
4	27,560	42,140	53,030	68,564	81,414	95,414
5	25,789	40,149	50,875	66,175	78,830	92,620
6	23,620	37,454	47,787	62,526	74,718	88,003
7	21,348	34,507	44,336	58,356	69,953	82,589
8	19,130	31,557	40,838	54,078	65,029	76,962
9	17,046	28,736	37,466	49,921	60,223	71,448
10	15,132	26,110	34,310	46,006	55,682	66,224
11	13,399	23,708	31,407	42,391	51,476	61,376
12	11,844	21,533	28,769	39,092	47,631	56,935
13	10,456	19,577	26,389	36,106	44,144	52,902
14	9,223	17,825	24,250	33,415	40,997	49,257
15	8,127	16,259	22,333	30,998	38,165	45,974
16	7,154	14,861	20,617	28,828	35,620	43,021
17	6,290	13,611	19,080	26,881	33,334	40,365
18	5,613	12,494	17,702	25,132	31,277	37,974
19	5,091	11,492	16,465	23,558	29,425	35,818
20	4,688	10,593	15,351	22,139	27,754	33,872
21	4,378	9,783	14,347	20,857	26,242	32,110
22	4,138	9,051	13,438	19,695	24,871	30,510
23	3,954	8,388	12,613	18,639	23,623	29,054
24	3,811	7,786	11,862	17,676	22,485	27,725
Total	327,998	553,899	726,499	972,707	1176,365	1398,272
Max	28,376	42,594	53,213	68,564	81,414	95,414

4.3.7.4. Kesimpulan Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Hasil perhitungan debit banjir rencana yang dilakukan dengan beberapa metode seperti disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.39 Perbandingan Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (tahun)	Metode perhitungan Q (m ³ /det)		
	<i>Haspers</i>	<i>Der Weduwen</i>	<i>HSS Gama-I</i>
2	43,807	25,403	28,376
5	60,820	40,082	42,594
10	73,527	51,811	53,213
25	91,653	69,230	68,564
50	106,646	84,246	81,414
100	122,983	99,787	95,414

Berdasarkan hasil perhitungan debit dengan tiga metode yang berbeda, maka dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan hasil perhitungan dari ketiga metode tersebut. Menurut KP 02 Standar Perencanaan Irigasi Untuk Bangunan Bendung menggunakan periode ulang 100 tahun. Berdasarkan pertimbangan keamanan dan efisiensi serta ketidakpastian besarnya debit banjir yang terjadi di daerah tersebut, maka antara metode Haspers, Weduwen dan HSS Gama I dipakai metode HSS Gama, dengan pertimbangan untuk perhitungan flood routing menggunakan parameter waktu yaitu dalam hitungan tiap jam.

4.4. PERHITUNGAN DEBIT ANDALAN

Debit andalan ditentukan berdasarkan perhitungan dengan metode F.J. Mock. Data-data yang diperlukan yaitu : data curah hujan rata-rata bulanan dan hari hujan dari stasiun Gunungpati, Kedung Bangkong dan Sambiroto serta data klimatologi dari stasiun Kilmatologi Semarang.

Tabel 4.40 Data Curah Hujan dan Hari Hujan Tahun 1998-2000 (sta. Kedung Bangkong)

Bulan	1998		1999		2000	
	Curah hujan	Hari hujan	Curah hujan	Hari hujan	Curah hujan	Hari hujan
Januari	187	11	395	20	588	23
februari	392	20	160	17	221	14
Maret	286	16	245	13	423	19
April	132	11	331	14	708	19
Mei	87	9	102	5	324	14
Juni	86	6	65	4	210	8
Juli	82	8	0	0	79	3
Agustus	27	4	42	3	0	0
September	76	5	108	3	113	6
Oktober	185	10	0	12	310	18
November	229	14	606	19	527	17
Desember	383	16	333	20	0	0

Tabel 4.41 Data Curah Hujan dan Hari Hujan Tahun 1998-2000 (sta. Sambiroto)

Bulan	1998		1999		2000	
	Curah hujan	Hari hujan	Curah hujan	Hari hujan	Curah hujan	Hari hujan
Januari	139	10	295	17	439	20
februari	293	17	119	15	165	12
Maret	214	14	183	11	315	16
April	98	10	247	12	528	16
Mei	65	8	76	4	242	12
Juni	64	5	48	3	157	7
Juli	61	7	0	0	59	2
Agustus	20	3	31	2	0	0
September	57	4	80	2	84	5
Oktober	138	9	0	11	232	16
November	171	12	453	16	393	15
Desember	286	14	248	17	0	0

Tabel 4.42 Data Curah Hujan dan Hari Hujan Tahun 1998-2000 (sta. Gunungpati)

Bulan	1998		1999		2000	
	Curah hujan	Hari hujan	Curah hujan	Hari hujan	Curah hujan	Hari hujan
Januari	186	8	393	14	584	16
februari	390	14	159	12	219	10
Maret	285	12	244	10	420	14
April	131	8	329	10	704	14
Mei	87	7	102	3	322	10
Juni	86	4	64	3	209	5
Juli	81	5	0	0	79	2
Agustus	27	3	42	2	0	0
September	76	3	107	2	112	4
Oktober	184	7	0	9	309	13
November	227	10	603	14	524	12
Desember	381	12	331	14	0	0

Tabel 4.43 Data Klimatologi Stasiun Klimatologi Semarang

Bulan	Suhu	Kelembaban	Penyinaran	Kecepatan	Lintang
	Rata-Rata	Relatif	Matahari	Angin	
	(°C)	(%)	(n/D)	(m/det)	
Januari	26,6	84,60	42,5	2,38	6,98
Pebruari	26,53	84,25	46,6	2,49	6,98
Maret	27,0	82,15	55,4	1,91	6,98
April	27,7	79,85	60,7	1,87	6,98
Mei	28,0	75,75	68,95	2,25	6,98
Juni	27,5	74,65	68,15	2,24	6,98
Juli	27,2	71,40	72,9	2,46	6,98
Agustus	27,3	70,65	75,4	2,53	6,98
September	27,6	70,45	71,9	2,42	6,98
Oktober	28,4	71,35	68,5	2,42	6,98
Nopember	27,8	77,65	52,3	1,98	6,98
Desember	27,0	82,00	51,6	1,99	6,98
Rata-Rata	27,4	77,06	61,24	2,25	6,98

(Sumber : Data BMG Stasiun Klimatologi Semarang)

Tabel 4.44 Perhitungan Angka Evapotranspirasi Cara Penman Tahun 1998

NO	PERHITUNGAN DASAR	UNIT	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES	
1	SUHU UDARA	C	26,60	27,20	27,10	27,10	27,97	27,60	27,16	27,20	26,80	28,70	28,10	26,90	
2	KELEMBABAN RELATIF	%	85,00	85,00	82,00	81,00	80,00	81,00	74,00	72,00	72,00	68,00	79,00	83,00	
3	KECEPATAN ANGIN (ketinggian 2 m) = U2	m/d	2,88	2,37	1,87	2,02	1,99	2,34	2,84	2,70	2,43	2,98	2,22	2,46	
4	PENYINARAN MATAHARI (8JAM) = Q1	%	33	40	66	52	73	78	74	81	83	81	62	65	
5	LINTANG SELATAN (6°59')	LS	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	
6	ALBEDO	m/d													
7	TRANSFER KE-12JAM = 0,786Q1+3,46	%	29,40	34,90	55,34	44,33	60,84	64,77	61,62	67,13	68,70	67,13	52,19	54,55	
PERHITUNGAN POROSIDA/PENMAN															
8	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$F(Tel) \times 10^{-2}$	9,15	9,22	9,21	9,21	9,32	9,27	9,22	9,22	9,18	9,41	9,33	9,19	
9	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$\Delta L^{-1} \times 10^2$	2,64	2,73	2,71	2,71	2,86	2,89	2,73	2,73	2,67	2,95	2,87	2,69	
10	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$P_z^{w,a}]Sa$	26,10	27,00	26,90	26,90	28,32	28,32	27,00	27,00	26,46	29,51	28,49	26,60	
11	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	γ, Δ	2,03	2,08	2,07	2,07	2,14	2,10	2,08	2,08	2,04	2,20	2,15	2,05	
12	(2)x(10)	$P_z^{w,a}$	22,2	23,0	22,1	21,8	22,7	22,9	20,0	19,4	19,1	20,1	22,5	22,1	
13	TABEL II-12e dengan data (12)	$F(Tdp)$	0,107	0,102	0,108	0,110	0,104	0,094	0,126	0,131	0,133	0,125	0,105	0,108	
14	(10) - (12)	$P_z^{w,a}]Sa - P_z^{w,a}$	3,92	4,05	4,84	5,11	5,66	5,38	7,02	7,56	7,41	9,44	5,98	4,52	
15	TABEL II-12f dengan data (3)	$\gamma, (Faz)$	0,355	0,305	0,260	0,273	0,270	0,303	0,350	0,337	0,311	0,363	0,292	0,314	
16	(14) x (15)	γ, Eq	1,390	1,235	1,259	1,395	1,529	1,630	2,457	2,548	2,304	3,428	1,747	1,420	
17	TABEL II-12g dengan data (5)	$ca^H shx 10^{-2}$	9,12	9,16	8,90	8,32	7,64	7,25	7,37	7,95	8,59	8,88	9,08	9,06	
18	TABEL 6II-12h dengan data (5)&(7)	$A_{sh} \times F(T)$	0,333	0,353	0,431	0,392	0,451	0,475	0,452	0,478	0,482	0,478	0,419	0,427	
19	(17) x (18)	H^{nc}	3,037	3,233	3,836	3,261	3,446	3,444	3,331	3,800	4,140	4,245	3,805	3,869	
20	8 x (1 - (7))	m	6,460	6,002	4,114	5,127	3,650	3,266	3,538	3,031	2,874	3,093	4,460	4,177	
21	1 - ((20)/10)	$F(m)$	0,354	0,400	0,589	0,487	0,635	0,673	0,646	0,697	0,713	0,691	0,554	0,582	
22	(8) x (13) x (21)	H^{nc}	0,347	0,376	0,586	0,494	0,616	0,587	0,751	0,842	0,870	0,812	0,543	0,578	
23	(19) - (22)	$H^{nc} - H^{nc}$	2,690	2,858	3,250	2,768	2,830	2,857	2,581	2,958	3,270	3,432	3,262	3,291	
24	(9) x (23)	ΔH^{nc}	7,103	7,801	8,809	7,501	8,094	8,257	7,045	8,076	8,732	10,125	9,361	8,852	
25	(16) + (24)	$\gamma Eq - \Delta H^{nc}$	8,492	9,036	10,067	8,896	9,623	9,887	9,502	10,624	11,036	13,553	11,108	10,272	
26	(25) / (11) = Eo (Nilai Untuk 1 hari)	$(\gamma Eq + \Delta H^{nc}) / \gamma, \Delta$	4,18	4,34	4,86	4,30	4,50	4,71	4,57	5,11	5,41	6,16	5,17	5,01	
27	Jumlah Hari		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
28	Evapotranspirasi	mm	129,69	121,64	150,77	128,93	139,41	141,24	141,62	158,34	162,29	190,97	155,00	155,33	

Tabel 4.45 Perhitungan Angka Evapotranspirasi Cara Penman Tahun 1999

NO	PERHITUNGAN DASAR	UNIT	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES
1	SUH UDARA	C	26,8	25,7	27,3	27,5	28,0	27,1	27,2	27,7	27,5	28,0	27,7	27,0
2	KELEMBABAN RELATIF	%	87,00	86,00	78,00	79,00	78,00	78,00	70,00	69,00	73,00	71,00	81,00	85,00
3	KECEPATAN ANGIN (ketinggian 2 m) = U2	m/d	2,46	3,01	1,92	1,89	2,52	2,46	2,49	3,04	2,70	3,12	2,40	1,99
4	PENYINARAN MATAHARI (8JAM) = Q1	%	81,0	59,0	61,0	56,0	82,0	62,0	69,0	91,0	74,0	56,0	38,0	54,0
5	LINTANG SELATAN (6°59')	LS	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98
6	ALBEDO	m/d												
7	TRANSFER KE-12JAM = 0,786Q1+3,46	%	67,13	49,83	51,41	47,48	67,91	52,19	57,69	74,99	61,62	47,48	33,33	45,90
PERHITUNGAN POROSIDA/PENMAN														
8	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$F(Te) \times 10^{-2}$	9,18	9,05	9,24	9,26	9,32	9,21	9,22	9,27	9,26	9,32	9,27	9,20
9	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$\Delta L^{-1} \times 10^7$	2,67	2,52	2,74	2,78	2,86	2,71	2,73	2,81	2,78	2,86	2,81	2,70
10	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$P_z^w \text{Sa}$	mmHg	26,46	24,79	27,21	27,53	28,32	26,90	27,00	27,50	27,53	28,32	27,85
11	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$\gamma \Delta$		2,04	1,96	2,08	2,09	2,14	2,07	2,08	2,11	2,09	2,14	2,11
12	(2)x(10)	P_z^w	mmHg	23,0	21,3	21,2	21,7	22,1	21,0	18,9	19,0	20,1	20,1	22,6
13	TABEL II-12e dengan data (12)	$F(Tdp)$		0,102	0,114	0,115	0,111	0,108	0,117	0,126	0,134	0,125	0,125	0,104
14	(10) - (12)	$P_z^w \text{Sa} - P_z^w$	mmHg	3,44	3,47	5,99	5,78	6,23	5,92	8,10	8,53	7,43	8,21	5,29
15	TABEL II-12f dengan data (3)	$\gamma (Faz)$		0,312	0,373	0,264	0,261	0,320	0,314	0,317	0,401	0,337	0,375	0,308
16	(14) x (15)	γ, Eq		1,073	1,295	1,580	1,509	1,994	1,858	2,568	3,419	2,505	3,080	1,630
17	TABEL II-12g dengan data (5)	$ca^H shx 10^{-2}$		9,12	9,16	8,90	8,32	7,64	7,25	7,37	7,95	8,59	8,88	9,08
18	TABEL 6II-12h dengan data (5)&(7)	$A_{sh} \times F(T)$		0,478	0,411	0,415	0,400	0,478	0,419	0,439	0,405	0,454	0,400	0,347
19	(17) x (18)	H^{ne}		4,359	3,765	3,694	3,328	3,652	3,038	3,235	3,220	3,900	3,552	3,151
20	8 x (1 - (7))	m		3,018	4,540	4,490	4,864	2,991	4,403	3,901	2,319	3,554	4,895	6,180
21	1 - ((20)/10)	$F(m)$		0,698	0,546	0,551	0,514	0,701	0,560	0,610	0,768	0,645	0,510	0,382
22	(8) x (13) x (21)	H^{ne}		0,654	0,563	0,585	0,528	0,706	0,603	0,709	0,954	0,746	0,595	0,368
23	(19) - (22)	$H^{ne} - H^{ne}$		3,706	3,201	3,108	2,800	2,946	2,435	2,527	2,266	3,154	2,957	2,783
24	(9) x (23)	ΔH^{ne}		9,894	8,068	8,516	7,784	8,427	6,598	6,898	6,366	8,767	8,458	7,819
25	(16) + (24)	$\gamma Eq + \Delta H^{ne}$		10,967	9,362	10,096	9,293	10,420	8,456	9,466	9,785	11,272	11,538	9,449
26	(25) / (11) = Eo (Nilai Untuk 1 hari)	$(\gamma Eq + \Delta H^{ne}) / \gamma \Delta$	mm	5,38	4,78	4,85	4,45	4,87	4,09	4,55	4,64	5,39	5,39	4,48
27	Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31
28	Evapotranspirasi	mm	166,66	133,75	150,47	133,39	150,95	122,55	141,08	143,76	161,80	167,13	134,34	141,07

Tabel 4.46 Perhitungan Angka Evapotranspirasi Cara Penman Tahun 2000

NO	PERHITUNGAN DASAR	UNIT	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES
1	SUHU UDARA	C	26,5	27,3	26,7	27,4	28,0	27,8	27,2	27,3	28,2	27,7	27,5	26,8
2	KELEMBABAN RELATIF	%	86,00	83,00	81,00	81,00	76,00	77,00	73,00	74,00	71,00	72,00	78,00	81,00
3	KECEPATAN ANGIN (ketinggian 2 m) = U2	m/d	2,49	2,49	2,07	1,73	2,60	2,31	2,33	2,89	2,52	2,64	1,94	1,74
4	PENYINARAN MATAHARI (8JAM) = Q1	%	65,0	46,0	46,0	57,0	65,0	72,0	70,0	85,0	78,0	89,0	56,0	64,0
5	LINTANG SELATAN (6°59')	LS	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98
6	ALBEDO	m/d												
7	TRANSFER KE-12JAM = 0,786Q1+3,46	%	35,69	44,33	52,19	45,90	52,98	59,27	60,05	63,20	65,55	63,20	41,97	40,40
PERHITUNGAN POROSIDA/PENMAN														
8	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$F(Tel) \times 10^{-2}$	9,14	9,24	9,17	9,25	9,32	9,30	9,22	9,24	9,35	9,27	9,26	9,20
9	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$\Delta L^{-1} \times 10^7$	2,63	2,74	2,66	9,25	2,86	2,82	2,73	2,74	2,88	2,81	2,78	2,67
10	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$P_z^w \text{Sa}$	mmHg	26,03	27,21	26,32	27,37	28,32	28,10	27,00	27,21	28,66	27,85	26,46
11	TABEL 2a & 2b dengan data (1)	$\gamma \Delta$	2,01	2,08	2,01	2,09	2,17	2,15	2,06	2,08	2,20	2,12	2,09	2,02
12	(2) x (10)	$P_z^w \text{Sa}$	mmHg	22,4	22,6	21,3	22,2	21,5	21,6	19,7	20,1	20,3	20,1	21,4
13	TABEL II-12e dengan data (12)	$F(Tdp)$	0,106	0,104	0,114	0,107	0,113	0,112	0,128	0,125	0,123	0,125	0,113	0,114
14	(10) - (12)	$P_z^w \text{Sa} - P_z^w \text{Sa}$	mmHg	3,64	4,63	5,00	5,20	6,80	6,46	7,29	7,07	8,31	7,80	5,03
15	TABEL II-12f dengan data (3)	$\gamma (Faz)$	0,317	0,317	0,277	0,247	0,327	0,300	0,302	0,354	0,320	0,331	0,266	0,248
16	(14) x (15)	γ, Eq	1,155	1,466	1,385	1,284	2,223	1,939	2,202	2,504	2,660	2,581	1,611	1,247
17	TABEL II-12g dengan data (5)	$ca^H shx 10^{-2}$	9,12	9,16	8,90	8,32	7,64	7,25	7,37	7,95	8,59	8,88	9,08	9,06
18	TABEL 6II-12h dengan data (5)&(7)	$A_{sh} \times F(T)$	0,353	0,388	0,419	0,396	0,423	0,446	0,450	0,462	0,470	0,462	0,380	0,372
19	(17) x (18)	H^{nc}	3,219	3,554	3,729	3,295	3,232	3,234	3,317	3,673	4,037	4,103	3,450	3,370
20	8 x (1 - (7))	m	5,878	5,144	4,384	5,004	4,382	3,788	3,683	3,401	3,221	3,412	5,373	5,483
21	1 - ((20)/10)	$F(m)$	0,412	0,486	0,562	0,500	0,562	0,621	0,632	0,660	0,678	0,659	0,463	0,452
22	(8) x (13) x (21)	H^{nc}	0,399	0,467	0,587	0,494	0,592	0,647	0,745	0,762	0,780	0,763	0,484	0,474
23	(19) - (22)	$H^{nc} - H^{nc}$	2,820	3,087	3,142	2,800	2,640	2,586	2,571	2,911	3,258	3,339	2,966	2,897
24	(9) x (23)	ΔH^{nc}	7,417	8,460	8,358	25,902	7,551	7,294	7,019	7,975	9,382	9,383	8,246	7,734
25	(16) + (24)	$\gamma Eq + \Delta H^{nc}$	8,572	9,926	9,743	27,187	9,773	9,233	9,220	10,480	12,042	11,964	9,857	8,981
26	(25) / (11) = Eo (Nilai Untuk 1 hari)	$(\gamma Eq + \Delta H^{nc}) / \gamma \Delta$	mm	4,26	4,77	4,85	13,01	4,50	4,29	4,48	5,04	5,47	5,64	4,72
27	Jumlah Hari		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
28	Evapotranspirasi	mm	132,20	133,62	150,26	390,24	139,62	128,83	138,75	156,19	164,20	174,95	141,49	137,82

Tabel 4.47 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 1998 (Sta. Kedung Bangkong)

No	Dasar		Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)		mm	186,61	392,05	286,19	131,88	87,02	86,13	81,64	26,91	76,26	184,81	228,77	383,08
2	Hari hujan (n)		%	11	20	16	11	9	6	8	4	5	10	14	16
Limited Transpiration															
3	Evapotranspiration (Ep)		mm/hr	129,69	121,64	150,77	128,93	139,41	141,24	141,62	158,34	162,29	190,97	155,00	155,33
4	Expose surface (m)		%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	(m/20)x(18-n)			9,92	-2,89	2,80	9,92	17,02	30,77	26,02	35,51	33,14	18,90	7,53	2,80
6	E	(3)x(5)		12,86	-3,52	4,22	12,79	23,73	43,45	36,85	56,23	53,78	36,10	11,67	4,35
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	%	116,82	125,16	146,55	116,14	115,68	97,79	104,77	102,11	108,51	154,87	143,33	150,98
Water Balance															
8	S = R-Et	(1)-(7)		69,78	266,89	139,64	15,74	-28,65	-11,66	-23,13	-75,20	-32,25	29,94	85,44	232,10
9	Soil storage			0,00	0,00	0,00	0,00	-28,65	-11,66	-23,13	-75,20	-32,25	0,00	0,00	0,00
10	Soil moisture		mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	71,35	88,34	76,87	24,80	67,75	100,00	100,00	100,00
11	Water surplus	(8)-(9)		69,78	266,89	139,64	15,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,94	85,44	232,10
Runoff dan Ground Water Storage															
12	Infiltrasi I	(11)xI	mmHg	6,98	26,69	13,96	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	8,54	23,21
13	0,5xI(1+k)			3,84	14,68	7,68	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,65	4,70	12,77
14	k x V(n-1)		mmHg	2,00	0,58	1,53	0,92	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,49
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)		5,84	15,26	9,21	1,79	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	1,65	4,86	13,25
16	Vn- V(n-1)			-14,16	9,42	-6,06	-7,42	-1,61	-0,16	-0,02	0,00	0,00	1,65	3,22	8,39
17	Base Flow	(12)-(16)		21,14	17,26	20,02	8,99	1,61	0,16	0,02	0,00	0,00	1,35	5,33	14,82
18	Direct Runoff	(11)-(12)		62,80	240,20	125,68	14,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,94	76,90	208,89
19	Runoff	(17)+(18)		83,94	257,47	145,70	23,16	1,61	0,16	0,02	0,00	0,00	28,29	82,23	223,71
20	Luas CA			6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10 ³ m ³ /bl)			526,33	1614,32	913,54	145,22	10,08	1,01	0,10	0,01	0,00	177,38	515,55	1402,69
22	Debit (m ³ /dtk)			0,20	0,62	0,35	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,20	0,54

Tabel 4.48 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 1999 (Sta. Kedung Bangkong)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	394,74	159,69	244,92	331,05	102,27	64,59	0,00	42,17	107,66	0,00	606,47	332,84
2	Hari hujan (n)	%	20	17	13	14	5	4	0	3	3	12	19	20
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	166,66	133,75	150,47	133,39	150,95	122,55	141,08	143,76	161,80	167,13	134,34	141,07
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	(m/20)x(18-n)		-2,89	1,38	7,07	5,65	26,51	35,51	45,00	37,88	37,88	14,16	-1,96	-2,89
6	E	(3)x(5)	-4,82	1,84	10,64	7,53	40,02	43,52	63,49	54,46	61,29	23,66	-2,63	-4,08
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	171,48	131,90	139,83	125,86	110,93	79,03	77,59	89,30	100,51	143,47	136,97	145,15
Water Balance														
8	S = R-Et	(1)-(7)	223,27	27,79	105,09	205,19	-8,66	-14,44	-77,59	-47,13	7,15	-143,47	469,50	187,69
9	Soil storage		0,00	0,00	0,00	0,00	-8,66	-14,44	-77,59	-47,13	0,00	-143,47	0,00	0,00
10	Soil moisture	mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	91,34	85,56	22,41	52,87	100,00	-43,47	100,00	100,00
11	Water surplus	(8)-(9)	223,27	27,79	105,09	205,19	0,00	0,00	0,00	0,00	7,15	0,00	469,50	187,69
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	(11)xI	22,33	2,78	10,51	20,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	46,95	18,77
13	0,5xI(1+k)		12,28	1,53	5,78	11,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	25,82	10,32
14	k x V(n-1)	mmHg	2,00	1,43	0,30	0,61	1,19	0,12	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	2,58
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)	14,28	2,96	6,08	11,89	1,19	0,12	0,01	0,00	0,39	0,04	25,83	12,91
16	Vn- V(n-1)		-5,72	-11,32	3,12	5,82	-10,70	-1,07	-0,11	-0,01	0,39	-0,35	25,79	-12,92
17	Base Flow	(12)-(16)	28,05	14,10	7,39	14,70	10,70	1,07	0,11	0,01	0,32	0,35	21,16	31,69
18	Direct Runoff	(11)-(12)	200,94	25,01	94,58	184,67	0,00	0,00	0,00	0,00	6,44	0,00	422,55	168,92
19	Runoff	(17)+(18)	228,99	39,11	101,97	199,37	10,70	1,07	0,11	0,01	6,76	0,35	443,71	200,61
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10 ³ m ³ /bl)		1435,75	245,23	639,34	1250,05	67,11	6,71	0,67	0,07	42,37	2,22	2782,06	1257,82
22	Debit (m ³ /dtk)		0,55	0,09	0,25	0,48	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	1,07	0,49

Tabel 4.49 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 2000 (Sta. Kedung Bangkong)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	587,63	220,70	422,56	707,85	323,87	209,93	78,95	0,00	113,04	310,41	526,63	0,00
2	Hari hujan (n)	%	23	14	19	19	14	8	3	0	6	18	17	0
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	132,20	133,62	150,26	390,24	139,62	128,83	138,75	156,19	164,20	174,95	141,49	137,82
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	(m/20)x(18-n)		-7,16	5,65	-1,47	-1,47	7,53	26,02	37,88	45,00	30,77	-0,08	1,84	27,00
6	E	(3)x(5)	-9,47	7,55	-2,21	-5,73	10,51	33,52	52,56	70,28	50,52	-0,13	2,60	37,21
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	141,67	126,07	152,47	395,97	129,10	95,31	86,19	85,90	113,69	175,08	138,89	100,61
Water Balance														
8	S = R-Et	(1)-(7)	445,96	94,63	270,08	311,88	194,77	114,62	-7,24	-85,90	-0,65	135,33	387,73	-100,61
9	Soil storage		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,24	-85,90	-0,65	0,00	0,00	-100,61
10	Soil moisture	mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	92,76	14,10	99,35	100,00	100,00	-0,61
11	Water surplus	(8)-(9)	445,96	94,63	270,08	311,88	194,77	114,62	0,00	0,00	0,00	135,33	387,73	0,00
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	(11)xI	44,60	9,46	27,01	31,19	19,48	11,46	0,00	0,00	0,00	13,53	38,77	0,00
13	0,5xI(1+k)		24,53	5,20	14,85	17,15	10,71	6,30	0,00	0,00	0,00	7,44	21,33	0,00
14	k x V(n-1)	mmHg	2,00	2,65	0,79	1,56	1,87	1,26	0,76	0,08	0,01	0,00	0,74	2,21
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)	26,53	7,86	15,64	18,72	12,58	7,56	0,76	0,08	0,01	7,44	22,07	2,21
16	Vn- V(n-1)		6,53	-18,67	7,78	3,08	-6,13	-5,02	-6,81	-0,68	-0,07	7,44	14,63	-19,86
17	Base Flow	(12)-(16)	38,07	28,13	19,23	28,11	25,61	16,48	6,81	0,68	0,07	6,10	24,15	19,86
18	Direct Runoff	(11)-(12)	401,36	85,16	243,07	280,69	175,29	103,16	0,00	0,00	0,00	121,80	348,96	0,00
19	Runoff	(17)+(18)	439,43	113,30	262,30	308,80	200,90	119,65	6,81	0,68	0,07	127,89	373,11	19,86
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10 ³ m ³ /bl)		2755,22	710,38	1644,62	1936,17	1259,64	750,18	42,68	4,27	0,43	801,90	2339,38	124,54
22	Debit (m ³ /dtk)		1,06	0,27	0,63	0,75	0,49	0,29	0,02	0,00	0,00	0,31	0,90	0,05

Tabel 4.50 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 1998 (Sta. Sambiroto)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	139,30	292,66	213,64	98,45	64,96	64,29	60,94	20,09	56,93	137,96	170,78	285,97
2	Hari hujan (n)	%	10	17	14	10	8	5	7	3	4	9	12	14
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	129,69	121,64	150,77	128,93	139,41	141,24	141,62	158,34	162,29	190,97	155,00	155,33
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	$(m/20) \times (18-n)$		12,27	1,22	6,13	12,27	19,63	32,73	28,63	36,82	34,77	22,50	11,45	6,13
6	E	(3)x(5)	15,91	1,49	9,25	15,82	27,37	46,22	40,55	58,30	56,43	42,96	17,75	9,53
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	113,77	120,15	141,52	113,11	112,04	95,02	101,07	100,04	105,86	148,01	137,25	145,80
Water Balance														
8	S = R-Et	(1)-(7)	25,53	172,51	72,11	-14,66	-47,07	-30,73	-40,12	-79,95	-48,94	-10,05	33,52	140,16
9	Soil storage		0,00	0,00	0,00	-14,66	-47,07	-30,73	-40,12	-79,95	-48,94	-10,05	0,00	0,00
10	Soil moisture	mmHg	100,00	100,00	100,00	85,34	52,93	69,27	59,88	20,05	51,06	89,95	100,00	100,00
11	Water surplus	(8)-(9)	25,53	172,51	72,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,52	140,16
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	(11)xI	2,55	17,25	7,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,35	14,02
13	$0,5 \times I(1+k)$		1,40	9,49	3,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,84	7,71
14	$k \times V(n-1)$	mmHg	2,00	0,34	0,98	0,49	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)	3,40	9,83	4,95	0,49	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,84	7,89
16	$Vn - V(n-1)$		-16,60	6,42	-4,88	-4,45	-0,45	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1,84	6,05
17	Base Flow	(12)-(16)	19,15	10,83	12,09	4,45	0,45	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1,51	7,97
18	Direct Runoff	(11)-(12)	22,97	155,26	64,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,17	126,15
19	Runoff	(17)+(18)	42,12	166,08	76,99	4,45	0,45	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	31,68	134,11
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran ($10^3 \text{ m}^3/\text{bl}$)		264,10	1041,35	482,75	27,93	2,79	0,28	0,03	0,00	0,00	0,00	198,62	840,89
22	Debit (m^3/dk)		0,10	0,40	0,19	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,32

Tabel 4.51 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 1999 (Sta. Sambiroto)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	294,67	119,21	182,83	247,12	76,35	48,22	0,00	31,48	80,37	0,00	452,72	248,46
2	Hari hujan (n)	%	17	15	11	12	4	3	0	2	2	11	16	17
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	166,66	133,75	150,47	133,39	150,95	122,55	141,08	143,76	161,80	167,13	134,34	141,07
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	(m/20)x(18-n)		1,22	4,91	9,82	8,59	27,82	36,82	45,00	38,86	38,86	18,40	3,27	1,22
6	E	(3)x(5)	2,04	6,56	14,77	11,46	41,99	45,12	63,49	55,87	62,88	30,76	4,39	1,73
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	164,62	127,18	135,70	121,94	108,96	77,43	77,59	87,89	98,92	136,37	129,95	139,35
Water Balance														
8	S = R-Et	(1)-(7)	130,05	-7,98	47,13	125,18	-32,61	-29,21	-77,59	-56,41	-18,56	-	322,77	109,12
9	Soil storage		0,00	-7,98	0,00	0,00	-32,61	-29,21	-77,59	-56,41	-18,56	-	0,00	0,00
10	Soil moisture	mmHg	100,00	92,02	100,00	100,00	67,39	70,79	22,41	43,59	81,44	-36,37	100,00	100,00
11	Water surplus	(8)-(9)	130,05	0,00	47,13	125,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	322,77	109,12
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	(11)xI	13,01	0,00	4,71	12,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,28	10,91
13	0,5xI(1+k)		7,15	0,00	2,59	6,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,75	6,00
14	k x V(n-1)	mmHg	2,00	0,92	0,09	0,27	0,72	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)	9,15	0,92	2,68	7,15	0,72	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	17,75	7,78
16	Vn- V(n-1)		-10,85	-8,24	1,77	4,47	-6,44	-0,64	-0,06	-0,01	0,00	0,00	17,75	-9,98
17	Base Flow	(12)-(16)	23,85	8,24	2,94	8,05	6,44	0,64	0,06	0,01	0,00	0,00	14,52	20,89
18	Direct Runoff	(11)-(12)	117,05	0,00	42,41	112,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	290,49	98,20
19	Runoff	(17)+(18)	140,90	8,24	45,36	120,71	6,44	0,64	0,06	0,01	0,00	0,00	305,02	119,09
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10 ³ m ³ /bl)		883,45	51,65	284,39	756,88	40,37	4,04	0,40	0,04	0,00	0,00	1912,47	746,71
22	Debit (m ³ /dtk)		0,34	0,02	0,11	0,29	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,29

Tabel 4.52 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 2000 (Sta. Sambiroto)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	438,66	164,75	315,43	528,40	241,77	156,71	58,93	0,00	84,38	231,72	393,12	0,00
2	Hari hujan (n)	%	20	12	16	16	12	7	2	0	5	16	15	0
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	132,20	133,62	150,26	390,24	139,62	128,83	138,75	156,19	164,20	174,95	141,49	137,82
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	(m/20)x(18-n)		-2,46	8,59	2,45	2,45	11,45	28,63	38,86	45,00	32,73	6,13	6,54	27,00
6	E	(3)x(5)	-3,25	11,47	3,68	9,56	15,99	36,89	53,92	70,28	53,74	10,72	9,25	37,21
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	135,45	122,14	146,58	380,68	123,63	91,94	84,83	85,90	110,47	164,22	132,24	100,61
Water Balance														
8	S = R-Et	(1)-(7)	303,20	42,61	168,85	147,73	118,13	64,77	-25,90	-85,90	-26,08	67,50	260,88	-100,61
9	Soil storage		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-25,90	-85,90	-26,08	0,00	0,00	-100,61
10	Soil moisture	mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	74,10	14,10	73,92	100,00	100,00	-0,61
11	Water surplus	(8)-(9)	303,20	42,61	168,85	147,73	118,13	64,77	0,00	0,00	0,00	67,50	260,88	0,00
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	(11)xI	30,32	4,26	16,89	14,77	11,81	6,48	0,00	0,00	0,00	6,75	26,09	0,00
13	0,5xI(1+k)		16,68	2,34	9,29	8,12	6,50	3,56	0,00	0,00	0,00	3,71	14,35	0,00
14	k x V(n-1)	mmHg	2,00	1,87	0,42	0,97	0,91	0,74	0,43	0,04	0,00	0,00	0,37	1,47
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)	18,68	4,21	9,71	9,10	7,41	4,30	0,43	0,04	0,00	3,71	14,72	1,47
16	Vn- V(n-1)		-1,32	-14,47	5,50	-0,61	-1,69	-3,10	-3,87	-0,39	-0,04	3,71	11,01	-13,25
17	Base Flow	(12)-(16)	31,64	18,73	11,39	15,38	13,50	9,58	3,87	0,39	0,04	3,04	15,08	13,25
18	Direct Runoff	(11)-(12)	272,88	38,35	151,97	132,95	106,32	58,29	0,00	0,00	0,00	60,75	234,79	0,00
19	Runoff	(17)+(18)	304,53	57,07	163,35	148,34	119,82	67,87	3,87	0,39	0,04	63,79	249,88	13,25
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10 ³ m ³ /bl)		1909,39	357,84	1024,23	930,08	751,29	425,58	24,28	2,43	0,24	399,95	1566,72	83,06
22	Debit (m ³ /dtk)		0,74	0,14	0,40	0,36	0,29	0,16	0,01	0,00	0,00	0,15	0,60	0,03

Tabel 4.53 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 1998 (Sta. Gunung Pati)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	185,57	389,87	284,60	131,15	86,54	85,65	81,19	26,76	75,83	183,78	227,50	380,95
2	Hari hujan (n)	%	8	14	12	8	7	4	5	3	3	7	10	12
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	129,69	121,64	150,77	128,93	139,41	141,24	141,62	158,34	162,29	190,97	155,00	155,33
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	(m/20)x(18-n)		14,73	5,53	9,62	14,73	22,37	34,77	31,37	38,18	36,48	26,25	15,55	9,62
6	E	(3)x(5)	19,10	6,72	14,50	18,99	31,18	49,12	44,42	60,46	59,20	50,14	24,10	14,94
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	110,58	114,92	136,27	109,94	108,23	92,13	97,20	97,88	103,09	140,84	130,90	140,39
Water Balance														
8	S = R-Et	(1)-(7)	74,98	274,95	148,33	21,21	-21,69	-6,48	-16,01	-71,12	-27,26	42,95	96,60	240,56
9	Soil storage		0,00	0,00	0,00	0,00	-21,69	-6,48	-16,01	-71,12	-27,26	0,00	0,00	0,00
10	Soil moisture	mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	78,31	93,52	83,99	28,88	72,74	100,00	100,00	100,00
11	Water surplus	(8)-(9)	74,98	274,95	148,33	21,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,95	96,60	240,56
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	(11)xI	7,50	27,50	14,83	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,29	9,66	24,06
13	0,5xI(1+k)		4,12	15,12	8,16	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,36	5,31	13,23
14	k x V(n-1)	mmHg	2,00	0,61	1,57	0,97	0,21	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,55
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)	6,12	15,73	9,73	2,14	0,21	0,02	0,00	0,00	0,00	2,36	5,55	13,79
16	Vn- V(n-1)		-13,88	9,61	-6,00	-7,59	-1,93	-0,19	-0,02	0,00	0,00	2,36	3,19	8,24
17	Base Flow	(12)-(16)	21,37	17,88	20,84	9,71	1,93	0,19	0,02	0,00	0,00	1,93	6,47	15,82
18	Direct Runoff	(11)-(12)	67,48	247,46	133,49	19,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,65	86,94	216,50
19	Runoff	(17)+(18)	88,86	265,34	154,33	28,80	1,93	0,19	0,02	0,00	0,00	40,58	93,41	232,32
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10 ³ m ³ /bl)		557,14	1663,68	967,65	180,59	12,07	1,21	0,12	0,01	0,00	254,46	585,69	1456,65
22	Debit (m ³ /dtk)		0,21	0,64	0,37	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,23	0,56

Tabel 4.54 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 1999 (Sta. Gunung Pati)

No	Dasar		Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)		mm	392,55	158,80	243,56	329,20	101,71	64,23	0,00	41,93	107,06	0,00	603,09	330,99
2	Hari hujan (n)		%	14	12	10	10	3	3	0	2	2	9	14	14
Limited Transpiration															
3	Evapotranspiration (Ep)		mm/hr	138,73	130,60	139,67	142,23	153,14	138,65	151,81	165,28	163,07	174,68	150,46	145,62
4	Expose surface (m)		%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	$(m/20) \times (18-n)$			5,53	8,59	12,68	11,66	29,18	38,18	45,00	39,89	39,89	22,85	8,73	5,53
6	E	(3)x(5)		7,67	11,22	17,72	16,59	44,69	52,94	68,31	65,93	65,04	39,91	13,14	8,05
7	ET=Ep-E	(3)-(6)	%	131,06	119,37	121,95	125,64	108,45	85,71	83,49	99,36	98,02	134,77	137,32	137,57
Water Balance															
8	S = R-Et	(1)-(7)		261,49	39,43	121,60	203,56	-6,74	-21,47	-83,49	-57,43	9,03	-134,77	465,77	193,42
9	Soil storage			0,00	0,00	0,00	0,00	-6,74	-21,47	-83,49	-57,43	0,00	-134,77	0,00	0,00
10	Soil moisture		mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	93,26	78,53	16,51	42,57	100,00	-34,77	100,00	100,00
11	Water surplus	(8)-(9)		261,49	39,43	121,60	203,56	0,00	0,00	0,00	0,00	9,03	0,00	465,77	193,42
Runoff dan Ground Water Storage															
12	Infiltrasi I	(11)xI	mmHg	26,15	3,94	12,16	20,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	46,58	19,34
13	$0,5xI(1+k)$			14,38	2,17	6,69	11,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	25,62	10,64
14	$k \times V(n-1)$		mmHg	2,00	1,64	0,38	0,71	1,19	0,12	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	2,56
15	Storage Vol Vn	(13)+(14)		16,38	3,81	7,07	11,90	1,19	0,12	0,01	0,00	0,50	0,05	25,62	13,20
16	Vn- V(n-1)			-3,62	-12,57	3,26	4,83	-10,71	-1,07	-0,11	-0,01	0,50	-0,45	25,57	-12,42
17	Base Flow	(12)-(16)		29,77	16,52	8,90	15,52	10,71	1,07	0,11	0,01	0,41	0,45	21,00	31,76
18	Direct Runoff	(11)-(12)		235,34	35,49	109,44	183,20	0,00	0,00	0,00	0,00	8,13	0,00	419,19	174,08
19	Runoff	(17)+(18)		265,10	52,01	118,34	198,73	10,71	1,07	0,11	0,01	8,54	0,45	440,20	205,84
20	Luas CA			6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10^3 m ³ /bl)			1662,20	326,08	742,00	1246,01	67,17	6,72	0,67	0,07	53,54	2,80	2760,05	1290,62
22	Debit (m ³ /dk)			0,64	0,13	0,29	0,48	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	1,06	0,50

Tabel 4.55 Debit Andalan Metode F.J. Mock Tahun 2000 (Sta. Gunung Pati)

No	Dasar	Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah hujan (R)	mm	584,36	219,47	420,20	703,91	322,07	208,76	78,51	0,00	112,41	308,68	523,69	0,00
2	Hari hujan (n)	%	16	10	14	14	10	5	2	0	4	13	12	0
Limited Transpiration														
3	Evapotranspiration (Ep)	mm/hr	132,20	133,62	150,26	390,24	139,62	128,83	138,75	156,19	164,20	174,95	141,49	137,82
4	Expose surface (m)	%	30,00	30,00	30,00	30,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	40,00	30,00
5	$(m/20) \times (18-n)$		2,46	11,66	6,55	6,55	15,55	31,37	39,89	45,00	34,77	12,62	11,46	27,00
6	E	$(3) \times (5)$	3,25	15,58	9,84	25,56	21,71	40,41	55,35	70,28	57,10	22,08	16,21	37,21
7	ET=Ep-E	$(3)-(6)$	128,95	118,03	140,42	364,68	117,91	88,42	83,41	85,90	107,10	152,87	125,28	100,61
Water Balance														
8	S = R-Et	$(1)-(7)$	455,41	101,43	279,78	339,23	204,16	120,34	-4,90	-85,90	5,31	155,82	398,41	-100,61
9	Soil storage		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,90	-85,90	0,00	0,00	0,00	-100,61
10	Soil moisture	mmHg	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	95,10	14,10	100,00	100,00	100,00	-0,61
11	Water surplus	$(8)-(9)$	455,41	101,43	279,78	339,23	204,16	120,34	0,00	0,00	5,31	155,82	398,41	0,00
Runoff dan Ground Water Storage														
12	Infiltrasi I	$(11) \times I$	45,54	10,14	27,98	33,92	20,42	12,03	0,00	0,00	0,53	15,58	39,84	0,00
13	$0,5 \times I(1+k)$		25,05	5,58	15,39	18,66	11,23	6,62	0,00	0,00	0,29	8,57	21,91	0,00
14	$k \times V(n-1)$	mmHg	2,00	2,70	0,83	1,62	2,03	1,33	0,79	0,08	0,01	0,03	0,86	2,28
15	Storage Vol Vn	$(13)+(14)$	27,05	8,28	16,22	20,28	13,26	7,94	0,79	0,08	0,30	8,60	22,77	2,28
16	Vn- V(n-1)		7,05	-18,76	7,93	4,06	-7,02	-5,31	-7,15	-0,72	0,22	8,30	14,17	-20,50
17	Base Flow	$(12)-(16)$	38,49	28,91	20,05	29,86	27,44	17,35	7,15	0,72	0,31	7,28	25,67	20,50
18	Direct Runoff	$(11)-(12)$	409,87	91,29	251,80	305,30	183,74	108,31	0,00	0,00	4,78	140,23	358,57	0,00
19	Runoff	$(17)+(18)$	448,36	120,20	271,85	335,16	211,18	125,65	7,15	0,72	5,09	147,52	384,24	20,50
20	Luas CA		6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
21	V aliran (10^3 m ³ /bl)		2811,21	753,64	1704,48	2101,48	1324,10	787,86	44,83	4,48	31,90	924,92	2409,20	128,51
21	Debit (m ³ /dtk)		1,08	0,29	0,66	0,81	0,51	0,30	0,02	0,00	0,01	0,36	0,93	0,05

Tabel 4.56 Debit Andalan Rata-Rata (Tahun 1998-2000)

No	Bulan	Kedung Bangkog			Sambirot			Gunungpati			Debit andalan Rata-rata (m ³ /det)		
		1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
1	Jan	0,203	0,55	1,063	0,102	0,341	0,737	0,215	0,641	1,085	0,173	0,512	0,961
2	Feb	0,623	0,09	0,274	0,402	0,020	0,138	0,642	0,126	0,291	0,555	0,080	0,234
3	Maret	0,352	0,247	0,634	0,186	0,110	0,395	0,373	0,286	0,658	0,304	0,214	0,562
4	April	0,06	0,482	0,747	0,011	0,292	0,359	0,070	0,481	0,811	0,045	0,418	0,639
5	Mei	0,004	0,026	0,486	0,001	0,016	0,290	0,005	0,026	0,511	0,003	0,022	0,429
6	Juni	0,000	0,003	0,289	0,000	0,002	0,164	0,000	0,003	0,304	0,000	0,002	0,253
7	Juli	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000	0,014
8	Agust	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001
9	Sept	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,012	0,000	0,012	0,004
10	Okt	0,068	0,001	0,309	0,000	0,000	0,154	0,098	0,001	0,357	0,056	0,001	0,274
11	Nov	0,199	1,073	0,903	0,077	0,738	0,604	0,226	1,065	0,929	0,167	0,959	0,812
12	Des	0,541	0,485	0,048	0,324	0,288	0,032	0,562	0,498	0,050	0,476	0,424	0,043

4.5. PERHITUNGAN VOLUME TAMPUNGAN DAM

Volume dam pada dasarnya adalah perhitungan untuk mendapatkan tinggi elevasi puncak dam optimal. Selanjutnya menentukan besarnya debit yang melimpah melalui spillway rencana yang berguna untuk perhitungan penyelusuran banjir (flood routing). Dari perhitungan flood routing akan didapatkan elevasi puncak dam ditambah dengan tinggi jagaan (free board).

Kapasitas tampung yang diperlukan untuk sebuah dam adalah :

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s$$

(Soedibyo, 1993)

di mana :

V_n = volume tampungan dam total (m^3)

V_u = volume tampungan untuk melayani berbagai kebutuhan (m^3)

V_e = volume penguapan dari kolam dam (m^3)

V_i = jumlah resapan melalui dasar, dinding, dan tubuh dam (m^3)

V_s = ruangan yang disediakan untuk sedimen (m^3)

4.5.1. Volume Tampungan Untuk Melayani Kebutuhan PLTMH

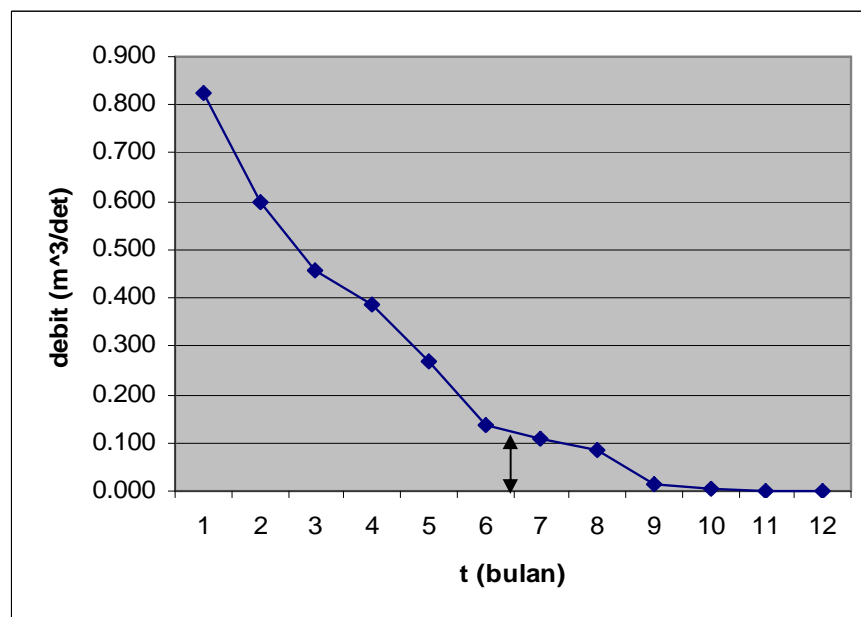
Volume tampungan untuk melayani kebutuhan PLTMH disebut juga dengan volume efektif storage. Volume Efektif storage adalah besarnya volume penyimpanan air didalam dam untuk memenuhi keperluan PLTMH. Volume Efektif storage dihitung berdasarkan besarnya debit andalan yang ada.

Besarnya debit andalan diplotkan pada garis massa debit kumulatif. Kemudian dari kurva garis massa debit kumulatif dibuat garis debit designnya sehingga diperoleh besarnya storage dam. Garis debit design diambil debit 200 hari dari garis massa debit rata-rata tahunan. Berikut perhitungan garis massa serta hasil penggambaran garis massa debit tersebut :

Perhitungan Debit Desain

Tabel 4.57 Garis Masa Debit Rata-rata

No.	Debit andalan (m ³ /det)			Debit andalan rata-rata (m ³ /det)	Garis masa debit (m ³ /det)			Garis masa debit rata-rata (m ³ /det)
	1998	1999	2000		1998	1999	2000	
1	0,173	0,512	0,961	0,549	0,555	0,959	0,961	0,825
2	0,555	0,080	0,234	0,290	0,476	0,512	0,812	0,600
3	0,304	0,214	0,562	0,360	0,304	0,424	0,639	0,456
4	0,045	0,418	0,639	0,368	0,173	0,418	0,562	0,385
5	0,003	0,022	0,429	0,152	0,167	0,214	0,429	0,270
6	0,000	0,002	0,253	0,085	0,056	0,080	0,274	0,136
7	0,000	0,000	0,014	0,005	0,045	0,022	0,253	0,107
8	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,012	0,234	0,083
9	0,000	0,012	0,004	0,006	0,000	0,002	0,043	0,015
10	0,056	0,001	0,274	0,110	0,000	0,001	0,014	0,005
11	0,167	0,959	0,812	0,646	0,000	0,000	0,004	0,001
12	0,476	0,424	0,043	0,314	0,000	0,000	0,001	0,000



Gambar 4-4 Grafik Massa Debit Rata-rata

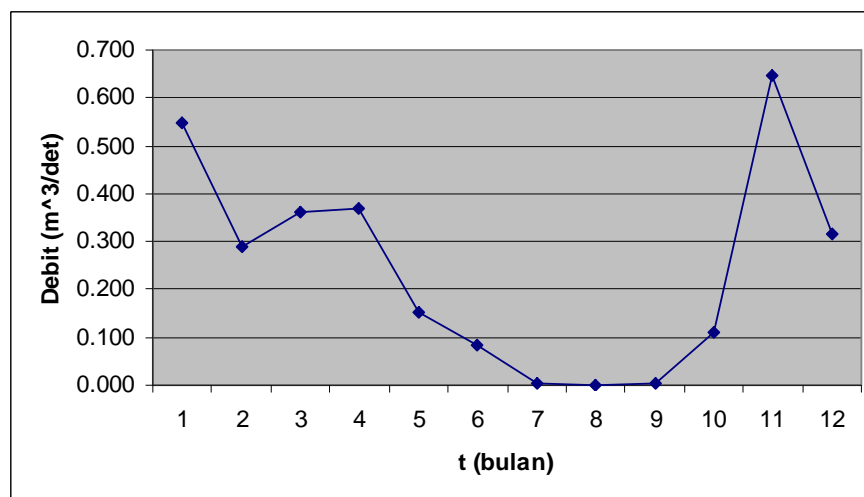
Dari grafik di atas didapat debit design sebesar 0,113 m³/det

Melihat debit yang masuk ke dam tiap bulan yang tidak merata besarnya, maka pemakaian PLTMH dibatasi pada bulan-bulan tertentu. Keadaan demikian dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini.

Selanjutnya debit andalan rata-rata untuk memenuhi kebutuhan Qinflow sebagai berikut :

Tabel 4.58 Rencana Pemakaian PLTMH

t	Qinflow (m ³ /det)	Q keb (m ³ /det)
1	0,549	0,113
2	0,290	0,113
3	0,360	0,113
4	0,368	0,113
5	0,152	0,113
6	0,085	0
7	0,005	0
8	0,000	0
9	0,006	0
10	0,110	0,113
11	0,646	0,113
12	0,314	0,113



Gambar 4-5 Grafik Rencana Pemakaian PLTMH

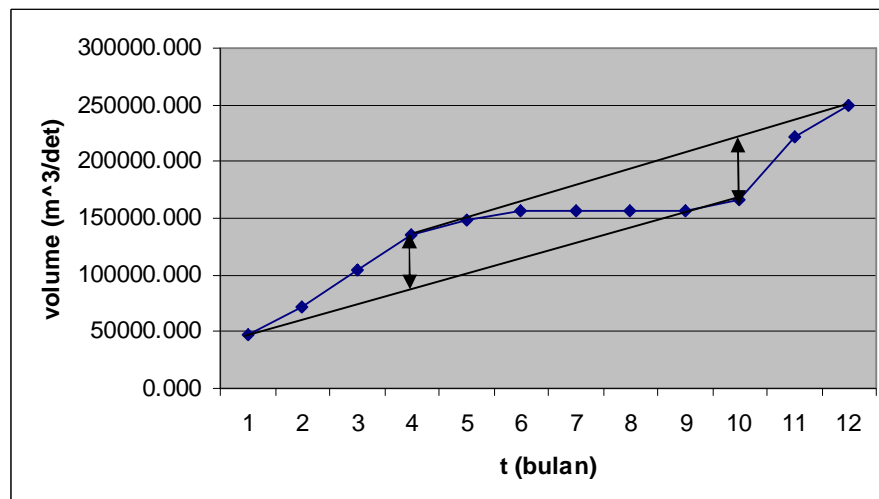
Kemudian perhitungan storage dam dapat dihitung dengan perhitungan garis masa debit, seperti pada perhitungan di bawah ini.

Volume = Q andalan rata-rata x 1 hari. Contoh pada bulan ke-1.

Volume = 0,549 x 24 jam x 60 menit x 60 detik = 47425,154 m³

Tabel 4.59 Perhitungan Garis Masa Debit Kumulatif

Bulan	Q andalan rata-rata	Volume	Volume kumulatif
	(m ³ /det)	(m ³ /det)	(m ³ /det)
1	0,549	47425,154	47425,154
2	0,290	25052,471	72477,625
3	0,360	31122,267	103599,892
4	0,368	31757,058	135356,951
5	0,152	13091,212	148448,163
6	0,085	7346,554	155794,717
7	0,005	421,429	156216,146
8	0,000	42,143	156258,288
9	0,006	475,879	156734,168
10	0,110	9494,985	166229,152
11	0,646	55813,823	222042,976
12	0,314	27153,667	249196,642



Gambar 4-6 Grafik Perhitungan Garis Masa Debit Kumulatif

Dari grafik di atas diketahui bahwa volume dam yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan PLTMH adalah sebesar 51436,639 m³ per hari.

4.5.2. Volume Kehilangan Air oleh Penguapan

Untuk mengetahui besarnya volume penguapan yang terjadi pada muka dam dihitung dengan rumus :

$$V_e = E_a \times S \times A_g \times d$$

(Soedibyo,1993)

di mana :

V_e = volume air yang menguap tiap bulan (m^3)

E_a = evaporasi hasil perhitungan (mm/hari)

S = penyinaran matahari hasil pengamatan (%)

A_g = luas permukaan kolam dam pada setengah tinggi tubuh dam (m^2)

d = jumlah hari dalam satu bulan

Untuk memperoleh nilai evaporasi dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E_a = 0,35(e_a - e_d) (1 - 0,01V)$$

(Soedibyo,1993)

di mana :

e_a = tekanan uap jenuh pada suhu rata-rata harian (mm/Hg)

e_d = tekanan uap sebenarnya (mm/Hg)

V = kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah

Tabel 4.60 Perhitungan Volume Kehilangan Air Akibat Evaporasi

Bulan	Luas	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
Tekanan uap jenuh (ea) mm/Hg		26,46	24,79	27,21	27,53	28,32	26,90	27,00	27,50	27,53	28,32	27,85	26,74
Tekanan uap sebenarnya (ed) mm/Hg		23,02	21,32	21,22	21,75	22,09	20,98	18,90	18,98	20,10	20,11	22,56	22,73
Kec angin 2 m di atas tanah (V) m/dt		2,38	2,49	1,91	1,87	2,25	2,24	2,46	2,53	2,42	2,42	1,98	1,99
Evaporasi (Ea) mm/hari		1,18	1,18	2,06	1,99	2,13	2,02	2,77	2,91	2,54	2,80	1,82	1,38
Evaporasi (Ea) m/hari		0,00118	0,00118	0,00206	0,00199	0,00213	0,00202	0,00277	0,00291	0,00254	0,00280	0,00182	0,00138
Penyinaran Matahari (S) %		42,45	46,60	55,40	60,70	68,95	68,15	72,90	75,40	71,90	68,50	52,30	51,60
Jumlah Hari (1 Bulan)		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Evaporasi tiap bulan dalam m3													
Elevasi Dasar (m)	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elevasi Tengah (m)	172,5	5685,3333	87,93	87,86	200,66	205,56	259,02	235,37	355,29	386,49	311,31	338,64	161,93
Elevasi Puncak (m)	180	18703,45	289,27	289,05	660,11	676,26	852,13	774,31	1168,81	1271,46	1024,15	1114,05	532,72
Total Kehilangan Air Selama 1 Tahun		2755,20											

4.5.3. Volume Resapan Dam

Besarnya volume kehilangan air akibat resapan melalui dasar, dinding, dan tubuh dam tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam. Sedangkan sifat ini tergantung pada jenis butiran tanah atau struktur batu pembentuk dasar dan dinding kolam. Perhitungan resapan air ini menggunakan Rumus praktis untuk menentukan besarnya volume resapan air kolam dam, sebagai berikut:

$$V_i = K \cdot V_u$$

(Soedibyo, 1993)

di mana :

$$V_i = \text{Jumlah resapan tahunan (m}^3 \text{)}$$

$$V_u = \text{volume hidup untuk melayani berbagai kebutuhan (m}^3\text{)}$$

K = factor yang nilainya tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam dam.

K = 10%, bila dasar dan dinding kolam dam praktis rapat air ($k \leq 10^{-5}$ cm/d) termasuk penggunaan lapisan buatan (selimut lempung, geomembran, “*rubber sheet*”, semen tanah).

K = 25%, bila dasar dan dinding kolam dam bersifat semi lulus air ($k = 10^{-3} - 10^{-4}$ cm/d)

$$V_i = 0,10 \cdot 51436,639 = 5143,663 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diperoleh volume air akibat rembesan sebesar 5143,663 m³

4.5.4. Volume yang disediakan untuk Angkutan Sedimen

Dalam perhitungan angkutan sedimen ini bertujuan untuk mendapatkan debit total sedimen pada dam. Volume sedimen yang ditampung di dalam dam dihitung berdasarkan pada besarnya laju sedimentasi tahunan, dimana volume sedimen dihitung berdasarkan pada besarnya debit sedimen dikalikan dengan umur rencana dam tersebut. Perhitungan sedimen menggunakan tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 4.61 Tabel untuk Memperoleh Angka Satuan Sedimen di Daerah Aliran Sungai

Topografi	Geografi	Daerah Aliran Sungai (km ²)					
		2	5	10	30	50	100
Stadium	Zone A			100 - 300	300 - 800	800-1200	
Permulaan	Zone B			100 - 200	200 - 500	500 - 1000	
Pembentukan	Zone C			100 - 150	150 - 400	400 - 800	
Stadium	Zone A			100 - 200	200 - 500	500 - 1000	
Akhir	Zone B			100 - 150	150 - 400	400 - 1000	
Pembentukan	Zone C			50 - 100	100 - 350	300 - 500	
Stadium	Zone B	< 50		50 - 100	100 - 350	300 - 500	
Pertengahan	Zone C	< 50		50 - 100	100 - 200		
Merupakan dataran yang stabil	Zone B	< 50		50 - 100	100 - 200		
	Zone C	< 50		50 - 100	100 - 200		

(Suyono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, 1978)

Karakteristik terpenting yang sangat mempengaruhi tingkat sedimentasi adalah karakteristik topografi dan geologi yang dirumuskan sebagai berikut :

Karakteristik terpenting yang sangat mempengaruhi tingkat sedimentasi adalah karakteristik topografi dan geologi yang dirumuskan sebagai berikut :

- Untuk karakteristik topografi dirumuskan dan dibedakan seperti yang tertera pada tabel 4.62.

Tabel 4.62 Karakteristik Topografi Daerah Aliran Sungai

Karakteristik Topografi	Peningkatan gejala erosi dalam alur sungai	Kemiringan dasar sungai	Perbedaan elevasi dan permukaan laut	Lain-lain
Stadium Permulaan Pembentukan	Intensitas erosinya terbesar dengan proses penggerusan sungainya	1/100-1/500	>500 m	Kemiringan tebing sungai sekitar 30°
Stadium akhir pembentukan	Intensitas erosinya besar dengan proses penggerusan dasar sungainya	1/500-1/700	±400 m	
Stadium pertengahan	Intensitas erosinya kecil, kecuali dalam keadaan banjir	± 1/800	±300 m	
Merupakan dataran yang stabil	Intensitas erosinya kecil, walaupun dalam keadaan banjir	± 1/1000	± 100 m	

(Suyono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, 1978)

b. Karakteristik geologi, dirumuskan dan dibedakan sebagai berikut :

- Zone A

Daerah aliran sungai yang lebih dari 1/3 bagian terdiri atas daerah gunung berapi, daerah longsor dan terutama daerah yang terbentuk dari batuan yang berasal dari gunung berapi (*zone of volcanic origin*).

- Zone B

Daerah aliran sungai yang antara 1/3 sampai dengan 1/5 bagian terdiri atas batuan seperti tersebut di atas.

- Zone C

Daerah aliran sungai yang tidak termasuk dalam kategori kedua zone tersebut.

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Dengan data : Luas DAS} &= 6,27 \text{ km}^2 \\ \text{Kemiringan sungai} &= 0,0026 \\ \text{Elevasi} &= \pm 110 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari tabel di atas diperoleh bahwa DAS terletak pada dataran yang stabil dan zona C. Dengan cara interpolasi didapat besar angkutan sedimen adalah 31,350 m³/km²/tahun.

$$\begin{aligned} \text{Besarnya angkutan sedimen (Qs)} &= 31,350 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun} \times 6,27 \text{ km}^2 \\ &= 196,5645 \text{ m}^3/\text{tahun}. \end{aligned}$$

Volume angkutan sedimen adalah volume sedimen yang ditampung di dalam dam selama umur rencana dam selama 40 tahun. Volume angkutan sedimen dihitung berdasarkan pada besarnya angkutan sedimen tahunan.

$$\text{Volume akibat sedimen} = Q \text{ sedimen} \cdot \text{Umur rencana}$$

di mana :

$$\begin{aligned} Q \text{ sedimen} &= 196,5645 \text{ m}^3/\text{tahun} \\ \text{Umur Rencana} &= 40 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume akibat sedimen} &= 196,5645 \text{ m}^3/\text{tahun} \cdot 40 \text{ tahun} \\ &= 7862,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.5.5. Volume Tampang Dam Total

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh :

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s$$

(Soedibyo, 1993)

$$\begin{aligned} V_n &= 51436,639 + 2755,20 + 5143,663 + 7862,58 \\ &= 67198,083 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.6. ANALISA HUBUNGAN ELEVASI DENGAN VOLUME DAM

Analisa ini didasarkan pada data peta topografi dengan skala 1 : 5000 dan beda tinggi kontur 1 m. Cari luas permukaan genangan air waduk yang dibatasi garis kontur, kemudian dicari volume yang dibatasi oleh dua garis kontur yang berurutan dengan menggunakan rumus pendekatan volume sebagai berikut:

$$V_x = \frac{1}{3} \times Z \times (F_y + F_x + \sqrt{F_y \times F_x})$$

(KP-02, 1986)

di mana :

V_x = volume pada kontur (m^3)

Z = beda tinggi antar kontur (m)

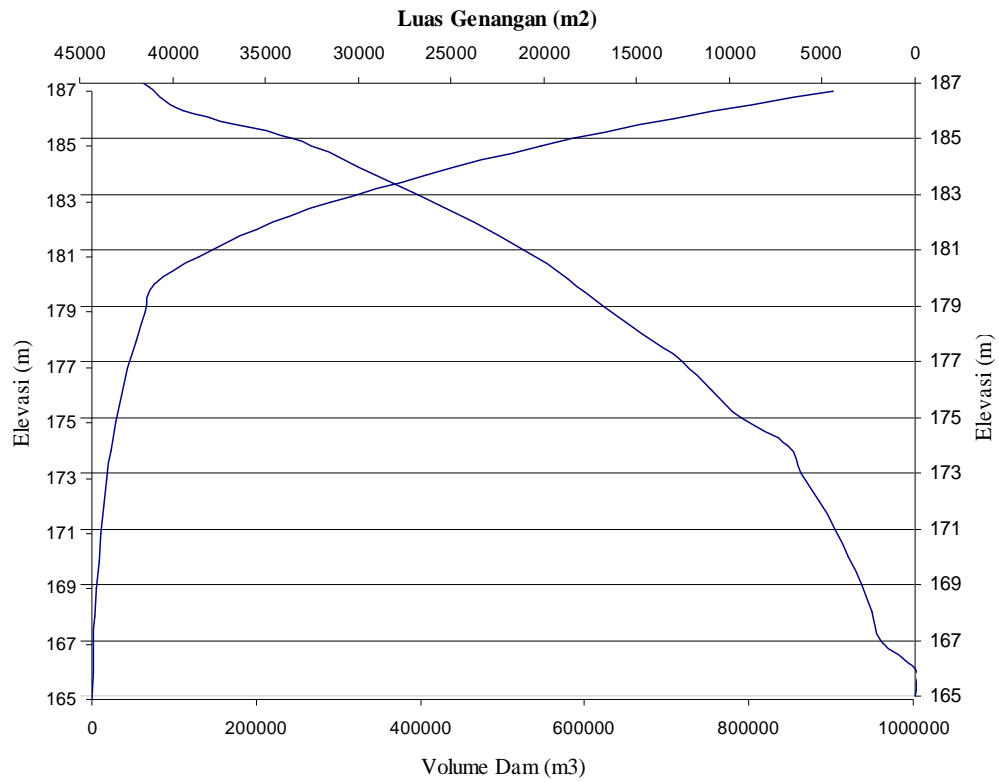
F_y = luas pada kontur Y (m^2)

F_x = luas pada kontur X (m^2)

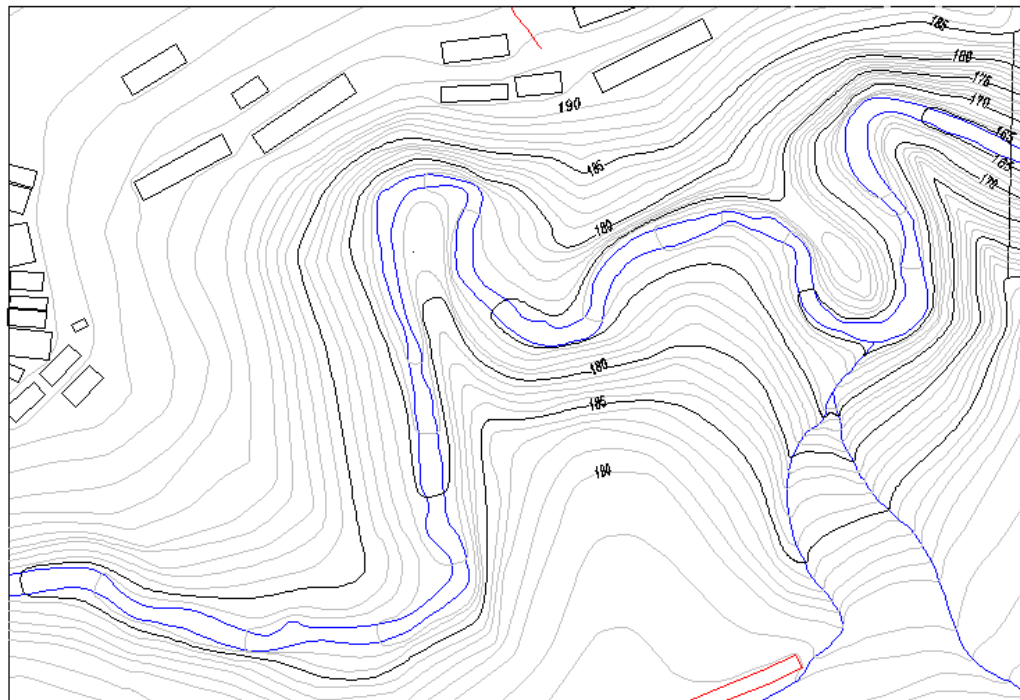
Dari perhitungan tersebut di atas, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi, volume dam. Dari grafik tersebut dapat dicari luas dari volume setiap elevasi tertentu dari dam

Tabel 4.63 Hubungan Elevasi, Luas dan Volume Daerah Genangan

Elevasi (m)	Luas Genangan (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
165	0	0	0
166	1537,606	994,797	994,797
167	1839,099	1376,654	2371,451
168	2285,509	1628,544	3999,996
169	2843,628	1966,352	5966,348
170	3570,147	2397,819	8364,167
171	4333,585	2897,755	11261,922
172	5195,643	3442,763	14704,685
173	6175,023	4059,810	18764,495
174	6881,065	4161,382	22925,877
175	9366,815	5925,828	28851,705
176	10986,596	7066,673	35918,378
177	12558,943	8134,431	44052,809
178	14724,983	9384,585	53437,394
179	16759,804	10789,061	64226,455
180	18703,448	12118,922	76345,377
181	21131,197	53579,882	129925,259
182	23763,233	70270,647	200195,906
183	26741,609	91145,133	291341,039
184	29984,945	116223,577	407564,616
185	33540,166	138494,441	546059,057
186	39401,542	163639,383	709698,440
187	41546,747	192313,100	902011,540



Gambar 4-7 Hubungan Elevasi, Luas dan Volume Daerah Genangan



Gambar 4-8 Peta Lokasi

4.7. PENELUSURAN BANJIR MELALUI PELIMPAH

Dari hasil perhitungan volume storage dapat ditentukan elevasi mercu spillway dengan menggunakan grafik 4.1. sebagai berikut :

$$\text{Volume} = 67198,083 \text{ m}^3$$

$$\text{Elevasi} = + 179,245 \text{ m}$$

Debit yang melimpah melalui spillway diperhitungkan atas dasar debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun. Dalam hal ini spillway dianggap sebagai ambang lebar dengan :

$$C_d = 0,578$$

$$B \text{ rencana} = 7 \text{ m}$$

Rumus pengaliran untuk spillway :

$$Q_{\text{outflow}} = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot B \cdot \sqrt{\frac{2}{3} g} \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

(CD.Soemarto, 1999)

Di mana : C_d = koefisien debit yang melimpah

B = lebar *spillway*

g = percepatan gravitasi 9,81 m/det²

H = elevasi air yang melimpah melalui pelimpah/ *spillway* (*trial error*)

Sehingga didapat :

$$Q_{\text{outflow}} = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot B \cdot \sqrt{\frac{2}{3} g} \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{\text{outflow}} = (2/3) \cdot 0,578 \cdot 7 \cdot (2 \cdot 9,81)^{0,5} \cdot H^{1,5}$$

$$Q_{\text{outflow}} = 11,942 \cdot H^{1,5}$$

4.7.1. Elevasi Puncak Dam

Elevasi puncak dam dipengaruhi oleh :

- Debit banjir rencana

Debit banjir rencana akan mengakibatkan muka air danau mencapai ketinggian maksimum. Disini digunakan debit banjir dengan periode ulang 50 tahun. Debit ini disebut debit *inflow*.

- Debit spillway

Debit spillway merupakan debit banjir yang melimpah secara bertahap melalui spillway. Debit ini disebut debit *outflow*.

Puncak optimal dam diperoleh pada saat debit *inflow* sama dengan debit *outflow* yang dihitung dengan penelusuran banjir (*flood routing*). Perhitungan *flood routing* dilakukan dengan menggunakan tabel. Cara pengisian tabel adalah sebagai berikut :

Kolom 1 = jam

Kolom 2 = Δt

Kolom 3 = Q_{inflow}

Kolom 4 = Q_{inflow} rata-rata

Kolom 5 = Kolom 4 . Kolom 2

Kolom 6 = Asumsi elevasi

Kolom 7 = $Q_{outflow}$

Kolom 8 = $Q_{outflow}$ rata-rata

Kolom 9 = Kolom 8 . Kolom 2

Kolom 10 = *Storage* normal

Kolom 11 = *Storage* banjir (kolom 5 – kolom 9)

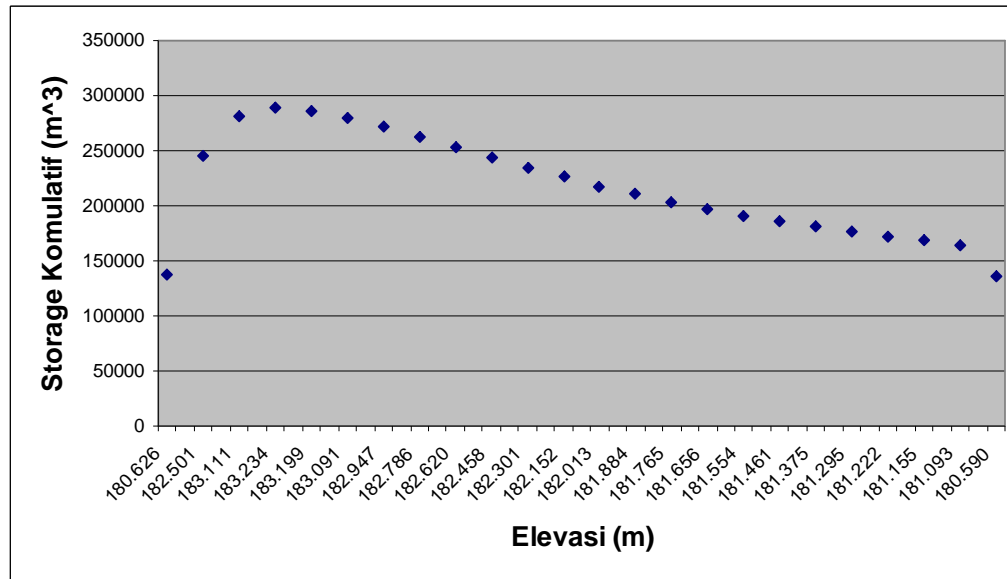
Kolom 12 = *Storage* komulatif

Kolom 13 = Elevasi muka air berdasarkan *storage* komulatif

Tabel 4.64 Perhitungan Penelusuran Banjir (flood Routing)

jam	t	Q- Inflow (m ³ /s)	Q- rerata (m ³ /s)	Qrerata.t (m ³)	Asumsi Elevasi (m)	Q-Outflow (m ³ /s)	Q- Outrerata (m ³ /s)	Storage (m ³)	Storage Normal (m ³)	Storage Banjir (m ³)	Storage Komul (m ³)	Elevasi (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0		0,00			179,245	0,00						
	3600		31,87	114723,00			9,69	34901,75	57795,50	79821,25	137616,75	180,626
1		63,735			180,626	19,39						
	3600		74,90	269629,20			44,79	161254,07		108375,13	245991,89	182,501
2		86,059			182,501	70,20						
	3600		90,30	325085,40			80,51	289826,59		35258,81	281250,70	183,111
3		94,544			183,111	90,82						
	3600		94,98	341924,40			93,00	334811,87		7112,53	288363,23	183,234
4		95,414			183,234	95,19						
	3600		94,02	338461,20			94,58	340489,30		-2028,10	286335,14	183,199
5		92,620			183,200	93,97						
	3600		90,31	325121,40			92,04	331359,05		-6237,65	280097,48	183,091
6		88,003			183,091	90,12						
	3600		85,30	307065,60			87,61	315390,59		-8324,99	271772,49	182,947
7		82,589			182,947	85,10						
	3600		79,78	287191,80			82,37	296543,72		-9351,92	262420,57	182,786
8		76,962			182,787	79,64						
	3600		74,21	267138,00			76,86	276702,59		-9564,59	252855,98	182,620
9		71,448			182,620	74,08						
	3600		68,84	247809,60			71,44	257199,72		-9390,12	243465,86	182,458
10		66,224			182,458	68,81						
	3600		63,80	229680,00			66,32	238748,79		-9068,79	234397,08	182,301
11		61,376			182,301	63,83						
	3600		59,16	212959,80			61,54	221538,07		-8578,27	225818,81	182,152
12		56,935			182,153	59,25						
	3600		54,92	197706,60			57,15	205739,46		-8032,86	217785,95	182,013
13		52,902			182,014	55,05						
	3600		51,08	183886,20			53,15	191341,74		-7455,54	210330,41	181,884
14		49,257			181,885	51,25						

jam	t	Q-Inflow (m ³ /s)	Q-rerata (m ³ /s)	Qrerata.t (m ³)	Asumsi Elevasi (m)	Q-Outflow (m ³ /s)	Q- Outrerata (m ³ /s)	Storage (m ³)	Storage Normal (m ³)	Storage Banjir (m ³)	Storage Komul (m ³)	Elevasi (m)
	3600		47,62	171415,80			49,52	178280,67		-6864,87	203465,54	181,765
15		45,974			181,765	47,80						
	3600		44,50	160191,00			46,26	166541,97		-6350,97	197114,57	181,656
16		43,021			181,656	44,73						
	3600		41,69	150094,80			43,32	155966,27		-5871,47	191243,10	181,554
17		40,365			181,554	41,92						
	3600		39,17	141010,20			40,67	146399,06		-5388,86	185854,24	181,461
18		37,974			181,461	39,41						
	3600		36,90	132825,60			38,28	137797,07		-4971,47	180882,77	181,375
19		35,818			181,375	37,14						
	3600		34,85	125442,00			36,12	130022,95		-4580,95	176301,82	181,295
20		33,872			181,296	35,09						
	3600		32,99	118767,60			34,17	122996,00		-4228,40	172073,41	181,222
21		32,110			181,223	33,24						
	3600		31,31	112716,00			32,39	116595,24		-3879,24	168194,17	181,155
22		30,510			181,155	31,54						
	3600		29,78	107215,20			30,78	110795,24		-3580,04	164614,13	181,093
23		29,054			181,093	30,01						
	3600		28,39	102202,20			36,47	131303,55		-29101,35	135512,77	180,590
24		27,725			181,591	42,93						



Gambar 4-9 Hubungan elevasi dan storage kumulatif

4.7.2. Elevasi Muka Air Dam

1. Muka Air Rendah (MAR)

Muka air rendah direncanakan berdasarkan pada volume *dead storage* dihitung berdasarkan pada besarnya volume angkutan sedimen sebesar 7862,58 m³ pada elevasi 169,791 m untuk umur rencana dam 40. Oleh karena itu Muka Air Rendah (MAR) ditetapkan pada elevasi + 169,791 m

2. Muka Air Normal (MAN)

Muka Air Normal direncanakan berdasarkan pada volume total storage yang mampu ditampung oleh dam yang direncanakan dengan ketinggian mercu pelimpah + 179,245 m. Dengan Tinggi Mercu Pelimpah + 179,245 m berdasarkan grafik hubungan elevasi dan volume dam maka dam tersebut mampu menampung volume total storage sebesar 67198,083 m³. Oleh karena itu Muka Air Normal (MAN) direncanakan pada elevasi + 179,245 m.

3. Muka Air Tinggi (MAT)

Muka Air Tinggi direncanakan berdasarkan penelusuran banjir / flood routing dengan cara merencanakan besarnya debit banjir rencana (sebagai inflow) yang akan melewati dam dan debit keluarannya (sebagai outflow) yang direncanakan dilewatkan melalui pelimpah / spillway, dan pada penelusuran banjir tersebut didapat hasil muka air tertinggi pada elevasi + 183,234 m. Oleh karena itu Muka Air Tinggi (MAT) ditetapkan pada elevasi +183,234 m.

4. Elevasi Puncak Dam

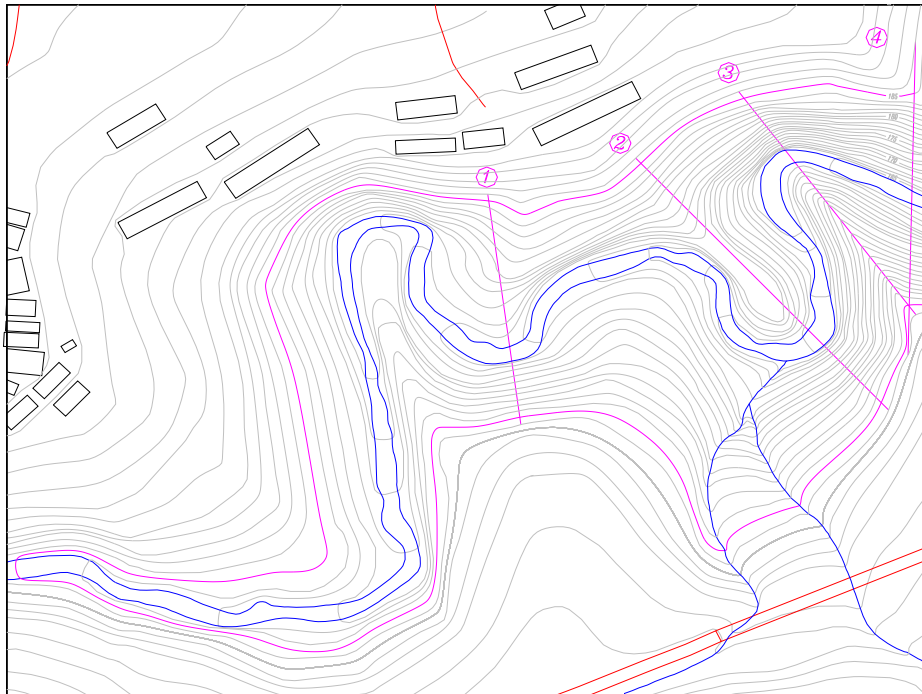
Dari perhitungan diatas didapat bahwa storage maksimum yang terjadi adalah sebesar 288363,23 m³ dengan elevasi maksimum + 183,234 m. Sehingga elevasi puncak dam dengan ditambah tinggi jagaan (free board) sebesar 3 m adalah :

$$\begin{aligned}\text{Elevasi puncak dam} &= + 183,234 + 3 \\ &= + 186,234 \text{ m}\end{aligned}$$

4.8. PEMILIHAN LOKASI TUBUH DAM

Pemilihan lokasi tubuh dam didasarkan faktor teknis yang berperan dalam pembangunan dam yaitu kondisi topografi atau kondisi geologi pada tempat kedudukan calon dam , antara lain :

- Daerah cekungan yang luas sehingga dapat menampung air dengan volume cukup besar.
- Dipilih pada alur sungai yang sempit sehingga bentang tubuh dam tidak terlalu panjang.
- Langsung menghadap daerah genangan sehingga memberikan volume tampungan yang besar dengan ketinggian tubuh dam yang rendah.
- Tidak terlalu jauh dari daerah layanan/desa sehingga pipa transmisi tidak terlalu panjang.



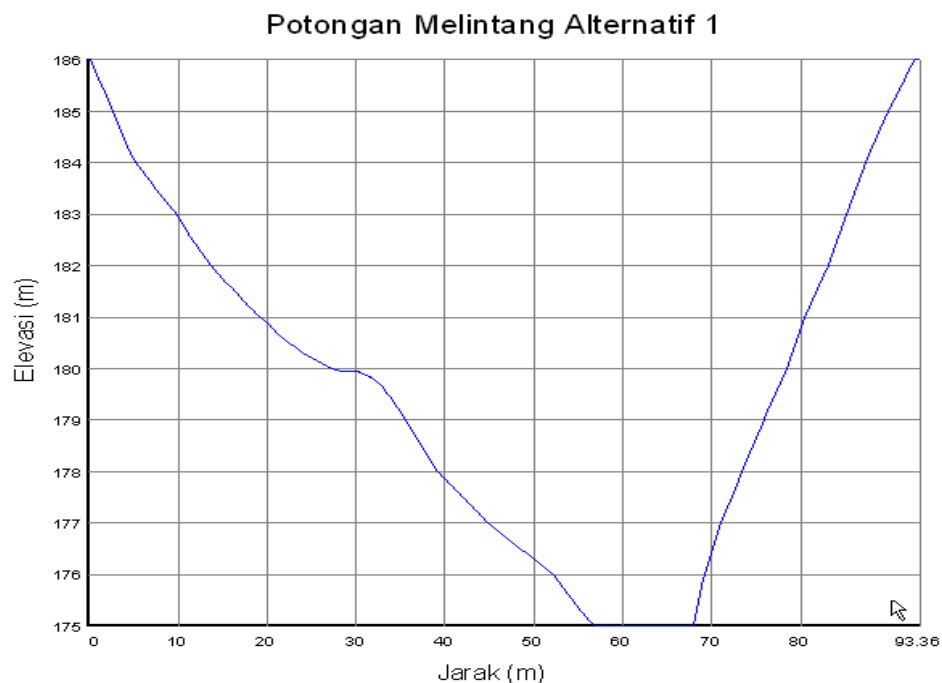
Gambar 4-10 Peta lokasi Pemilihan Tubuh Dam

1. Alternatif 1

Spesifikasi Alternatif 1

- Panjang tubuh dam 92,3687 m
- Tinggi dam maksimum 11,234 m
- Elevasi dasar sungai + 175 m
- Volume dam pada elevasi + 186,234 m kurang lebih 63685,340 m³

Perhitungan besarnya luas genangan yang dapat terjadi dan kapasitas waduk sesuai dengan alternatif 2 yaitu :



Gambar 4-11 Potongan Melintang Alternatif 1

Tabel 4.65 Data Kapasitas Dam Alternatif 1

Elevasi	Luas Genangan (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
175	0	0	0
180	4705,620	7957,029	7957,029
185	13321,000	30268,138	38225,167
186,234	13871,266	25460,174	63685,340

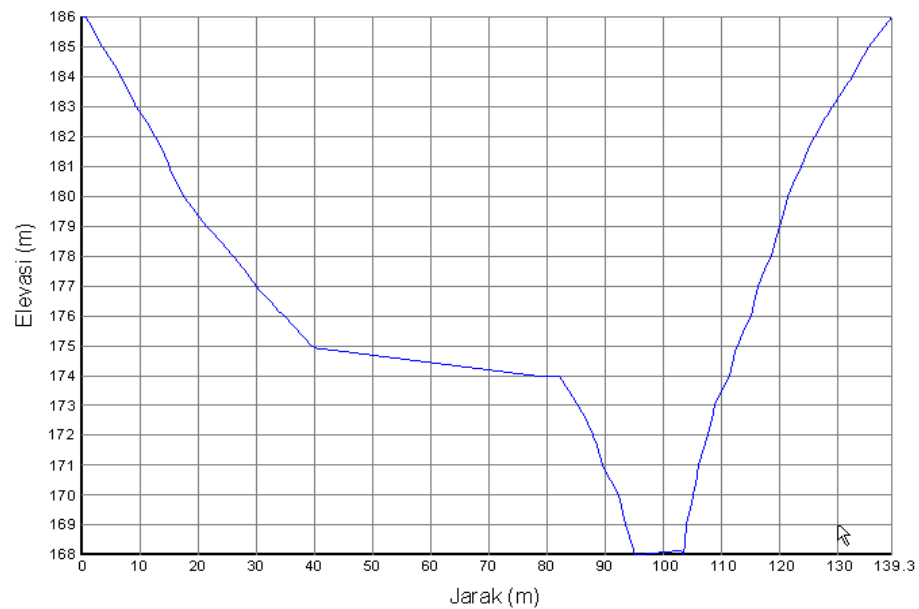
2. Alternatif 2

Spesifikasi Alternatif 2

- Panjang tubuh dam 138,4075 m
- Tinggi dam maksimum 17,234 m
- Elevasi dasar sungai + 169 m
- Volume dam pada elevasi + 186,234 m kurang lebih 149368,184 m³

Perhitungan besarnya luas genangan yang dapat terjadi dan kapasitas waduk sesuai dengan alternatif 2 yaitu :

Potongan Melintang Alternatif 2



Gambar 4-12 Potongan Melintang Alternatif 2

Tabel 4.66 Data Kapasitas Dam Alternatif 2

Elevasi	Luas Genangan (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
169	0	0	0
170	395,666	138,519	138,519
175	4176,791	7733,462	7871,982
180	12030,936	27225,061	35097,042
185	25171,868	62326,140	97423,182
186,234	25946,769	51945,002	149368,184

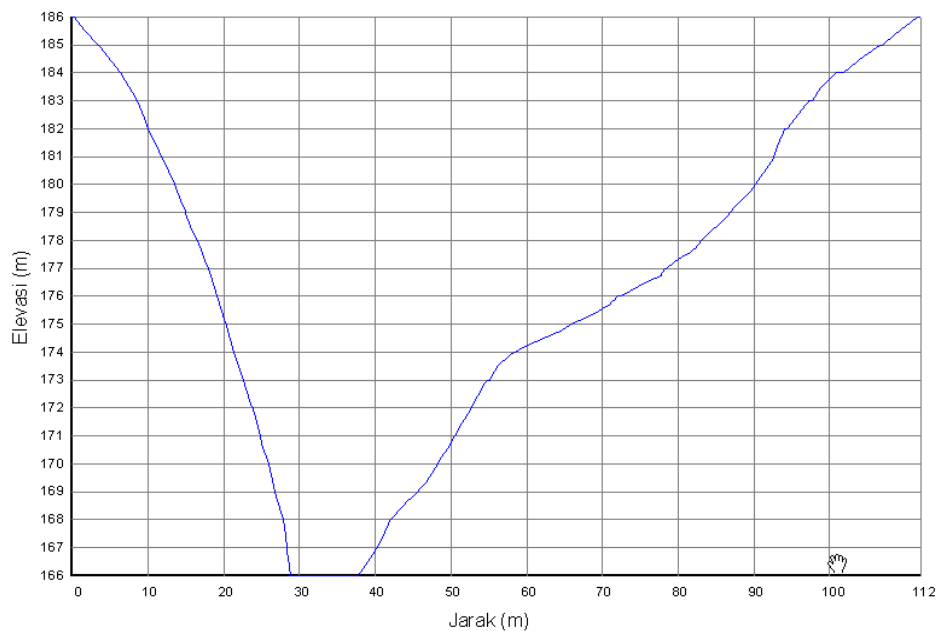
3. Alternatif 3

Spesifikasi Alternatif 3

- Panjang tubuh dam 111,1858 m
- Tinggi dam maksimum 20,234 m
- Elevasi dasar sungai + 166 m
- Volume dam pada elevasi + 186,234 m kurang lebih 196512,014 m³

Perhitungan besarnya luas genangan yang dapat terjadi dan kapasitas waduk sesuai dengan alternatif 3 yaitu :

Potongan Melintang Alternatif 3



Gambar 4-13 Potongan Melintang Alternatif 3

Tabel 4.67 Data kapasitas dam alternatif 3

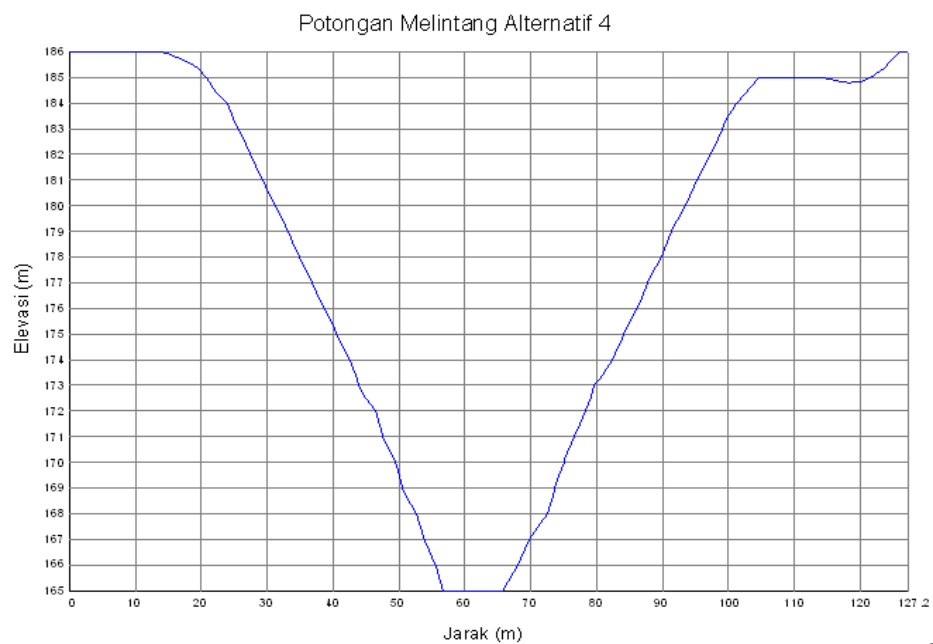
Elevasi	Luas Genagngan (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
166	0	0	0
170	1896,331	2586,504	2586,504
175	7049,450	15067,271	17653,775
180	15835,416	38393,572	56047,347
185	29983,875	76722,243	132769,590
186,234	30812,009	63742,424	196512,014

4. Alternatif 4

Spesifikasi Alternatif 4

- Panjang tubuh dam 84,0789 m
- Tinggi dam maksimum 21,234 m
- Elevasi dasar sungai + 165 m
- Volume dam pada elevasi + 186,234 m kurang lebih 194089,704 m³

Perhitungan besarnya luas genangan yang dapat terjadi dan kapasitas waduk sesuai dengan alternatif 4 yaitu :



Gambar 4-14 Potongan Melintang Alternatif 4

Tabel 4.68 Data kapasitas dam alternatif 4

Elevasi	Luas Genangan (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
165	0	0	0
170	3570,147	6049,830	6049,830
175	9366,815	21751,172	27801,002
180	18703,448	47063,008	74864,011
185	33540,166	87453,638	162317,649
186,234	39903,5199	25265,032	194089,704

Dari empat alternatif di atas dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.69 Perbandingan Alternatif Tubuh Dam

Alternatif	Panjang Tubuh Dam (m)	Elevasi Terendah (m)	Elevasi Tertinggi (m)	Tinggi Dam (m)	Volume Dam pada Elevasi Tertinggi (m)
1	92,369	175	186,234	11,234	63685,340
2	138,408	169	186,234	17,234	149368,184
3	111,186	166	186,234	20,234	196512,014
4	84,079	165	186,234	21,234	194089,704

Kesimpulan :

Dari empat alternatif tersebut maka dipilih alternatif yang ke-4 dengan pertimbangan bahwa :

1. Merupakan daerah cekungan yang luas sehingga dapat menampung air dengan volume cukup besar.
2. Merupakan alur sungai yang paling sempit sehingga bentang tubuh dam tidak terlalu panjang.