

BAB IV

ANALISIS HIDROLOGI

4.1. Tinjauan Umum

Analisis hidrologi digunakan untuk mengetahui debit aliran sungai dan parameter-parameter lainnya yang diperlukan dalam perencanaan Embung Panohan.

Analisis Hidrologi meliputi :

- Analisis debit banjir rencana
- Perhitungan debit andalan
- Analisis kebutuhan air
- Optimasi tampungan embung

4.2. Analisis Debit Banjir Rencana

Untuk mendapatkan debit banjir rencana tahap-tahap perhitungannya adalah :

- Perhitungan curah hujan wilayah
- Menentukan distribusi (sebaran) curah hujan
- Menghitung intensitas curah hujan
- Menghitung debit banjir rencana

4.2.1. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Sebelum menghitung besarnya curah hujan wilayah, data yang dibutuhkan harus diperoleh terlebih dahulu. Data yang dibutuhkan adalah luas Daerah Aliran Sungai (DAS), luas pengaruh tiap stasiun hujan dan data curah hujan. Data stasiun hujan yang dipakai dalam perencanaan curah hujan rencana adalah:

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.1 Data Hujan Bulanan Stasiun Bulu, no. Stasiun RB 13A

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL	R24
1991	409	224	166	291	0	0	0	0	0	0	299	256	1645	70
1992	0	238	323	223	91	3	0	47	136	0	0	0	1061	75
1993	363	164	158	208	25	135	10	39	21	88	204	352	1767	78
1994	318	217	252	151	47	0	0	4	0	64	205	174	1432	83
1995	333	471	234	78	79	142	27	0	82	24	201	281	1952	84
1996	187	281	135	119	22	49	13	17	41	114	289	346	1613	68
1997	277	334	200	168	28	0	0	0	0	0	0	496	1503	100
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	186	211	235	203	63	42	63	31	0	0	214	266	1514	48
2000	293	147	257	273	134	147	0	0	0	252	415	101	2019	91
2001	211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211	90
2002	0	453	341	176	174	0	49	0	0	0	97	247	1537	75
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	25	15	613	568	1221	80
2004	270	287	778	325	247	167	37	0	0	0	140	265	2516	120
2005	203	330	504	304	63	96	0	33	0	70	153	639	2395	94
2006	352	379	162	98	213	0	0	0	0	0	0	0	1204	101

Sumber : Balai PSDA Seluna

Tabel 4.2 Data Hujan Bulanan Stasiun Sale (Mrayun), no. Stasiun RB 010

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL	R24
1991	230	127	230	378	5	0	0	0	27	13	302	273	1585	90
1992	258	128	266	196	49	58	0	3	85	154	268	391	1856	80
1993	341	144	146	145	49	119	5	0	29	26	161	256	1421	59
1994	259	249	294	70	42	0	0	0	0	0	25	179	1118	86
1995	388	516	257	95	39	118	22	0	22	41	171	200	1869	92
1996	186	289	110	112	27	87	35	13	0	68	214	311	1452	48
1997	387	237	75	115	36	3	0	0	0	0	72	533	1458	147
1998	160	111	110	105	88	90	105	15	50	159	192	304	1489	63
1999	191	204	287	96	43	52	44	20	4	110	377	345	1773	59
2000	411	299	238	240	114	145	0	10	18	78	254	52	1859	100
2001	316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	316	187
2002	354	284	102	71	70	0	27	0	0	0	94	54	1056	94
2003	31	73	67	44	18	0	0	5	14	37	219	215	723	82
2004	235	144	85	85	219	34	13	0	0	0	50	164	1029	104
2005	78	341	243	293	0	108	0	0	0	32	132	190	1417	106
2006	174	312	135	207	171	0	0	0	0	0	0	0	999	85

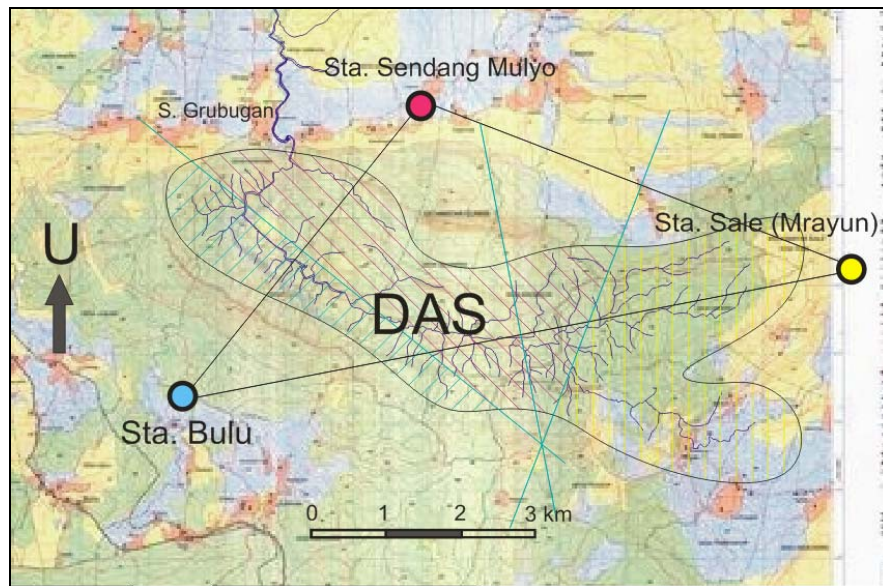
Sumber : Balai PSDA Seluna

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.3 Data Hujan Bulanan Stasiun Sendang Mulyo, no. Stasiun RB 015A

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL	R24
1991	125	104	118	243	0	0	0	0	4	0	125	267	986	65
1992	223	165	259	210	92	129	30	12	93	161	176	517	2067	89
1993	252	228	143	179	38	164	0	0	17	30	48	161	1260	91
1994	47	150	188	230	0	0	0	0	0	0	88	132	835	98
1995	159	180	257	44	45	128	18	0	100	18	299	282	1530	89
1996	172	235	71	59	40	32	64	114	58	24	242	329	1440	86
1997	157	351	146	143	87	0	0	0	0	0	41	351	1276	105
1998	137	196	236	207	115	87	58	32	92	225	410	264	2059	72
1999	337	280	355	252	135	20	14	16	0	100	220	245	1974	72
2000	282	185	258	118	11	110	0	0	0	34	148	112	1258	118
2001	211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211	49
2002	0	453	341	176	174	0	49	0	0	0	97	247	1537	95
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	25	15	613	568	1221	110
2004	270	287	778	325	247	167	37	0	0	0	140	265	2516	180
2005	203	330	504	304	63	96	0	33	0	70	153	639	2395	150
2006	352	379	162	98	213	0	0	0	0	0	0	0	1204	110

Sumber : Balai PSDA Seluna



Gambar 4.1. Luas pengaruh stasiun hujan diukur dengan Metode Polygon Thiessen.

Laporan Tugas Akhir

Setelah dilakukan pengukuran dengan Software AutoCAD didapat :

Luas DAS = 21,69 km²

Luas pengaruh stasiun hujan :

Tabel 4.4 Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Sungai Grubugan

Nama Stasiun	Luas pengaruh(Km ²)	Bobot (%)
Bulu	3,48	16,04
Sendangmulyo	8,38	38,64
Sale (Mrayun)	9,83	45,32
Luas Total	21,69	100

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan curah hujan dengan metode *Thiessen* digunakan persamaan

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

(Soemarto, 1999)

dimana :

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

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun 1,2,.....,n (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pada poligon 1,2,.....,n (Km²)

Hasil perhitungan curah hujan ditunjukkan pada tabel 4.5

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum DAS S. Grubugan

TAHUN	S. BULU		S. SENDANG MULYO		S. SALE (MRAYUN)		DAS S. GRUBUGAN
	R1	R1*C1	R2	R2*C2	R3	R3*C3	R harian maks
1991	70	11,23	90	34,78	65	29,46	75,46
1992	75	12,03	80	30,91	89	40,33	83,28
1993	78	12,51	59	22,80	91	41,24	76,55
1994	83	13,32	86	33,23	98	44,41	90,96
1995	84	13,48	92	35,55	89	40,33	89,36
1996	68	10,91	48	18,55	86	38,98	68,43
1997	100	16,04	147	56,80	105	47,59	120,43
1998	0	0,00	63	24,34	72	32,63	56,97
1999	48	7,70	59	22,80	72	32,63	63,13
2000	91	14,60	100	38,64	118	53,48	106,72
2001	90	14,44	187	72,26	49	22,21	108,90
2002	75	12,03	94	36,32	95	43,05	91,41
2003	80	12,84	82	31,68	110	49,85	94,37
2004	120	19,25	104	40,19	180	81,58	141,01
2005	94	15,08	106	40,96	150	67,98	124,02
2006	101	16,20	85	32,84	110	49,85	98,90

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.2. Menentukan Distribusi (Sebaran) Curah Hujan

A. Perhitungan Parameter Statistik

Perhitungan parameter statistik dilakukan sebelum perhitungan dispersi.

Parameter statistik adalah $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$, $(X_i - X)^4$.

Dimana :

X_i = Besarnya curah hujan daerah (mm)

X = Rata-rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.6

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.6 Parameter Statistik Curah Hujan Harian Maksimum DAS S.Grubugan

No	Tahun	R Max	X-Xbar	(X-Xbar) ²	(X-Xbar) ³	(X-Xbar) ⁴
1	1991	75,46	-17,66	311,71	-5.503,23	97.160,68
2	1992	83,28	-9,84	96,83	-952,82	9.375,96
3	1993	76,55	-16,57	274,46	-4.546,97	75.329,12
4	1994	90,96	-2,16	4,66	-10,07	21,75
5	1995	89,36	-3,76	14,13	-53,13	199,75
6	1996	68,43	-24,69	609,48	-15.046,69	371.467,75
7	1997	120,43	27,31	745,88	20.370,57	556.336,67
8	1998	56,97	-36,15	1.306,56	-47.227,52	1.707.104,87
9	1999	63,13	-29,99	899,45	-26.975,38	809.015,49
10	2000	106,72	13,60	184,90	2.514,15	34.186,46
11	2001	108,90	15,78	249,11	3.931,74	62.055,49
12	2002	91,41	-1,71	2,93	-5,01	8,58
13	2003	94,37	1,25	1,57	1,96	2,46
14	2004	141,01	47,89	2.293,87	109.863,70	5.261.855,87
15	2005	124,02	30,90	954,80	29.502,94	911.633,81
16	2006	98,90	5,78	33,41	193,14	1.116,46
JUMLAH		1.489,92	0,00	7.983,75	66.057,38	9.896.871,18
R rata-rata		93,12				

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 Parameter Statistik Logaritma Curah Hujan Harian Maksimum DAS
S.Grubugan

No	Tahun	x	Log X	Logxi - Log Xrt	(Logxi-LogXrt) ²	(Log xi - Log xrt) ³	(Log xi - Log xrt) ⁴
1	1991	75,46	1,878	-0,082	0,0062	-0,00049	0,00004
2	1992	83,28	1,921	-0,039	0,0013	-0,00005	0,00000
3	1993	76,55	1,884	-0,076	0,0053	-0,00038	0,00003
4	1994	90,96	1,959	-0,001	0,0000	0,00000	0,00000
5	1995	89,36	1,951	-0,009	0,0000	0,00000	0,00000
6	1996	68,43	1,835	-0,125	0,0147	-0,00178	0,00022
7	1997	120,43	2,081	0,121	0,0154	0,00192	0,00024
8	1998	56,97	1,756	-0,204	0,0403	-0,00809	0,00162
9	1999	63,13	1,800	-0,160	0,0244	-0,00381	0,00060
10	2000	106,72	2,028	0,068	0,0052	0,00037	0,00003
11	2001	108,90	2,037	0,077	0,0065	0,00052	0,00004
12	2002	91,41	1,961	0,001	0,0000	0,00000	0,00000
13	2003	94,37	1,975	0,015	0,0003	0,00001	0,00000
14	2004	141,01	2,149	0,189	0,0372	0,00717	0,00138
15	2005	124,02	2,093	0,133	0,0188	0,00257	0,00035
16	2006	98,90	1,995	0,035	0,0015	0,00006	0,00000
JUMLAH		2213,68	31,303	-0,057	0,177	-0,002	0,005
R rata-rata		93,12	1,95645				

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Dispersi

No	Dispersi	Hasil Dispersi	
		Parameter Statistik	Parameter Statistik Logaritma
1	Sd	23,07	0,1086
2	Cs	0,41	-0,242
3	Ck	2,183	2,2466
4	Cv	0,248	0,055

Sumber: Hasil Perhitungan

B. Analisis Jenis Sebaran

Metode Normal

$$X_t = X_{rt} + k * Sd \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana :

$$X_{rt} = 93,12$$

k = koefisien untuk distribusi Normal

$$S = 23,07$$

Tabel 4.9 Besarnya Curah Hujan Dengan Periode Ulang Tertentu Metode Normal

No	Periode	X	S	k	Xt
1	2	93,12	23,07	0	93,12
2	5	93,12	23,07	0,84	112,4988
3	10	93,12	23,07	1,28	122,6496
4	25	93,12	23,07	1,708	132,5236
5	50	93,12	23,07	2,05	140,4135
6	100	93,12	23,07	2,33	146,8731

Sumber: Hasil Perhitungan

Metode Gumbel Tipe I

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n) \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

(Soemarto, 1999)

Laporan Tugas Akhir

di mana :

$$\begin{aligned}\bar{X} &= 93,12 \\ S &= 23,07 \\ Y_n &= 0,5157 \text{ (Tabel 2.1)} \\ S_n &= 1,0316 \text{ (Tabel 2.2)} \\ Y_T &= \text{(Tabel 2.3)}\end{aligned}$$

Tabel 4.10 Besarnya Curah Hujan Dengan Periode Ulang Tertentu Metode Gumbel Tipe I

No	Periode	X	S	Yt	Yn	Sn	Xt
1	2	93,12	23,07	0,3665	0,5157	1,0316	89,78
2	5	93,12	23,07	1,4999	0,5157	1,0316	115,13
3	10	93,12	23,07	2,2502	0,5157	1,0316	131,91
4	25	93,12	23,07	3,1985	0,5157	1,0316	153,12
5	50	93,12	23,07	3,9019	0,5157	1,0316	168,85
6	100	93,12	23,07	4,6001	0,5157	1,0316	184,46
7	200	93,12	23,07	5,296	0,5157	1,0316	200,02
8	1000	93,12	23,07	6,919	0,5157	1,0316	236,32

Sumber: Hasil Perhitungan

Metode Log Pearson III

Metode Log Pearson III dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = \bar{Y} + k.S \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

(Soemarto,1999)

di mana :

- X = curah hujan
- Y = nilai logaritmik dari X atau log X
- \bar{Y} = rata-rata hitung nilai Y
- S = deviasi standar nilai Y
- K = karakteristik distribusi peluang log-pearson tipe III

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.11 Besarnya Curah Hujan Dengan Periode Ulang Tertentu Metode Log Pearson

III

No	Periode	Peluang	S Log x	Log xrt	Cs	k	Y = Log x	x
1	2	50	0,108	1,96	-0,242	-0,2000	1,9384	86,776
2	5	20	0,108	1,96	-0,242	0,0330	1,9636	91,953
3	10	10	0,108	1,96	-0,242	0,8500	2,0518	112,668
4	25	4	0,108	1,96	-0,242	1,2580	2,0959	124,699
5	50	2	0,108	1,96	-0,242	1,6800	2,1414	138,497
6	100	1	0,108	1,96	-0,242	1,9450	2,1701	147,931
7	200	0,5	0,108	1,96	-0,242	2,1780	2,1952	156,756
8	1000	0,1	0,108	1,96	-0,242	2,3880	2,2179	165,160

Sumber: Hasil Perhitungan

Metode Log Normal 2 Parameter

$$X = \bar{X} + k.S \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

(Soewarno, 1995)

di mana :

- X = curah hujan
- Y = nilai logaritmik dari X atau log X
- \bar{Y} = rata-rata hitung nilai Y
- S = deviasi standar nilai Y
- K = karakteristik distribusi peluang log normal 2 parameter

Tabel 4.12 Besarnya Curah Hujan Dengan Periode Ulang Tertentu Metode Log Normal

2 Parameter

No	Periode	Peluang	Xrt (log x)	S (log x)	k	Y (log x)	Y
1	2	50	1,956	0,109	0,000	1,956	90,459
2	5	80	1,956	0,109	0,840	2,048	111,614
3	10	90	1,956	0,109	1,280	2,096	124,603
4	25	95	1,956	0,109	1,708	2,142	138,686
5	50	98	1,956	0,109	2,050	2,179	151,075
6	100	99	1,956	0,109	2,330	2,210	162,038

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.13 Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan Distribusi Sebaran Curah Hujan

Periode (th)	Gumbel Tipe I	Log Pearson Tipe III	Log Normal	Normal
2	89,78	99,74	90,45	93,12
5	115,13	108,84	111,61	112,49
10	131,91	110,48	124,60	122,64
25	153,12	111,08	138,68	132,52
50	168,85	111,22	151,07	140,41
100	184,46	111,25	162,03	146,87
200	200,02	111,28		
1000	236,32	111,33		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Parameter Pemilihan Jenis Distribusi Sebaran Curah Hujan

No.	Jenis	Syarat	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Distribusi Normal	Cs~0 Ck~3	Cs=0.41 Ck=2.183	Mendekati Mendekati
2	Distribusi Gumbel Tipe I	Cs~1.1396 Ck~5.4002	Cs=0.41 Ck=2.183	Tidak Memenuhi Tidak Memenuhi
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	Cs≠0 Ck~1.5Cs(ln X)^2 +3=3.25	Cs=-0.242 Ck=0.055	Memenuhi Tidak Memenuhi
4	Distribusi Log Normal	Cv~0 Cs~3Cv+Cv^3=0.4675	Cv=0.055 Cs=-0.242	Mendekati Tidak Memenuhi

Sumber: Sutiono, dkk

C. Pengujian Kecocokan Sebaran

Uji Sebaran Chi kuadrat (*Chi square test*)

Untuk menguji kecocokan suatu Distribusi Normal data curah hujan, digunakan metode Uji Chi Kuadrat (*Chi Square Test*) (Soewarno, 1995).

Digunakan persamaan sebagai berikut :

$$K = 1 + 3.322 \log n = 1 + 3.322 \log 16 = 5$$

$$DK = K - (P+1) = 5 - (1+2) = 2$$

$$X_h^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$E_i = \frac{n}{K} = \frac{16}{5} = 3,2$$

$$\Delta X = (X_{maks} - X_{min}) / K - 1 = (141,01 - 56,97) / 5 - 1 = 21,01$$

$$X_{awal} = X_{min} - \frac{1}{2}\Delta X = (56,97 - \frac{1}{2} \cdot 21,01) = 46,465$$

Laporan Tugas Akhir

- di mana :
- K = jumlah kelas
- DK = derajat kebebasan
= $K-(P+1)$
- P = nilai untuk distribusi normal dan binominal $P = 2$ dan
untuk distribusi poisson $P = 1$
- n = jumlah data
- X_h^2 = harga *chi square*
- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Nilai X_h^2 dicari pada Tabel 2.6 dengan menggunakan nilai $DK = 2$ dan derajat kepercayaan 5% lalu dibandingkan dengan nilai X_h^2 hasil perhitungan pada Tabel 4.6 Syarat yang harus dipenuhi yaitu X_h^2 hitungan $< X_h^2$ tabel (Soewarno, 1995). Perhitungan nilai X_h^2 disajikan pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 4.15 Uji Sebaran Chi kuadrat (*Chi square test*)

No	Kemungkinan	Jumlah Data		$(O_i-E_i)^2$	$(O_i-E_i)^2/E_i$
		E_i	O_i		
1	46,47 < X < 67,48	3,2	2	1,44	0,324
2	67,48 < X < 88,46	3,2	4	0,64	0,18
3	88,49 < X < 109,50	3,2	7	14,44	3,871
4	109,50 < X < 130,51	3,2	2	1,44	0,387
5	130,51 < X < 151,52	3,2	1	4,84	1,16
	Jumlah		16		5,92

<i>Chi-Square</i> Hitung (X_h^2)	=	5,92
n		16
K		5
Derajat Kebebasan (DK)	=	3
DK = Derajat Signifikasi	=	3
<i>Chi-Square</i> Kritis	=	5,99

$(X_h^2) < (X_h^2_{cr})$ \longrightarrow Hipotesa Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *chi square* didapat bahwa $(X_h^2) = 5,92$; sedangkan $(X_h^2_{kritis}) = 5,99$ (dengan tingkat kepercayaan $\alpha = 5\%$). Karena $(X_h^2) < (X_h^2_{kritis})$ maka data dapat diterima.

Laporan Tugas Akhir

Uji Sebaran *Smirnov – Kolmogorov*

Uji kecocokan *smirnov – kolmogorov*, sering juga uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Dari metode Distribusi Normal didapat persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\begin{aligned} X_{rt} &= 93,12 \\ S &= 23,07 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Uji Kecocokan Sebaran dengan *Smirnov-Kolmogorov*

x	m	$P(X) = M/(N+1)$	$P(x<)$	f(t)	$P'(x)$	$P'(x<)$	D
1	2	3	4 = nilai1- 3	5	6	7 = nilai1-6	8= 3 - 6
56,97	1	0,059	0,941	-1,567	0,941	0,059	-0,001
63,13	2	0,118	0,882	-1,300	0,903	0,097	0,021
68,43	3	0,176	0,824	-1,070	0,857	0,143	0,033
75,46	4	0,235	0,765	-0,765	0,776	0,224	0,012
76,55	5	0,294	0,706	-0,718	0,761	0,239	0,055
83,28	6	0,353	0,647	-0,427	0,666	0,334	0,019
89,36	7	0,412	0,588	-0,163	0,564	0,436	-0,025
90,96	8	0,471	0,529	-0,094	0,536	0,464	0,006
91,41	9	0,529	0,471	-0,074	0,528	0,472	0,057
94,37	10	0,588	0,412	0,054	0,480	0,520	0,068
98,90	11	0,647	0,353	0,251	0,401	0,599	0,048
106,72	12	0,706	0,294	0,589	0,281	0,719	-0,013
108,90	13	0,765	0,235	0,684	0,248	0,752	0,013
120,43	14	0,824	0,176	1,184	0,119	0,881	-0,057
124,02	15	0,882	0,118	1,339	0,092	0,908	-0,026

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan nilai D, Tabel 4.16, menunjukkan nilai $D_{maks} = 0.068$, data pada peringkat $m = 10$. dengan menggunakan data pada Tabel 2.12, untuk derajat kepercayaan 5 % maka diperoleh $D_0 = 0,34$ untuk $N=16$. Karena nilai D_{max} lebih kecil dari nilai D_0 ($0.068 < 0.34$) maka persamaan distribusi yang diperoleh dapat diterima.

4.2.3. Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan ini menggunakan metode Dr. Mononobe yang merupakan sebuah variasi dari persamaan – persamaan curah hujan jangka pendek, persamaannya sebagai berikut (Soemarto, 1999):

Laporan Tugas Akhir

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (4.7)$$

Tabel 4.17 Perhitungan intensitas curah hujan

t (jam)	R24					
	R 2	R 5	R 10	R 25	R 50	R 100
	93,12	112,50	122,65	132,52	140,41	146,87
1	32,28	39,00	42,52	45,94	48,68	50,92
2	20,34	24,57	26,79	28,94	30,66	32,08
3	15,52	18,75	20,44	22,09	23,40	24,48
4	12,81	15,48	16,87	18,23	19,32	20,21
5	11,04	13,34	14,54	15,71	16,65	17,41
6	10,51	11,81	12,88	13,91	14,74	15,42
7	8,82	10,66	11,62	12,55	13,30	13,91
8	8,07	9,75	10,63	11,49	12,17	12,73
9	7,46	9,01	9,83	10,62	11,25	11,77
10	6,96	8,40	9,16	9,90	10,49	10,97
11	6,53	7,89	8,60	9,29	9,84	10,29
12	6,16	7,44	8,11	8,77	9,29	9,71
13	5,84	7,05	7,69	8,31	8,80	9,21
14	5,56	6,71	7,32	7,91	8,38	8,77
15	5,31	6,41	6,99	7,55	8,00	8,37
16	5,08	6,14	6,70	7,24	7,67	8,02
17	4,88	5,90	6,43	6,95	7,36	7,70
18	4,70	5,68	6,19	6,69	7,09	7,41
19	4,53	5,48	5,97	6,45	6,84	7,15
20	4,38	5,29	5,77	6,24	6,61	6,91
21	4,24	5,12	5,59	6,04	6,40	6,69
22	4,11	4,97	5,42	5,85	6,20	6,49
23	3,99	4,82	5,26	5,68	6,02	6,30
24	3,88	4,69	5,11	5,52	5,85	6,12

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.4. Analisis Debit Banjir Rencana

A. Metode Rasional

Persamaan :

$$Q_r = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (4.8)$$

di mana :

Q_r = debit maksimum rencana (m³/det)

I = intensitas curah hujan selama konsentrasi (mm/jam)

$$= \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

A = luas daerah aliran (km²)C = koefisien *run off* = 0.2

Laporan Tugas Akhir

$$t = \frac{l}{w}$$

T = Waktu konsentrasi (jam)

$$w = 20 \frac{H^{0,6}}{l} (m / det)$$

$$w = 72 \frac{H^{0,6}}{l} (Km / jam)$$

w = waktu kecepatan perambatan (m/det atau Km/jam)

l = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau
= 9,036 Km

A = luas DAS (Km²) = 21,69 Km²

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik tinggi yang ditinjau = 0,30 Km

Tabel 4.18 Perhitungan Debit Metode Rasional

No.	Periode Ulang	A	R24	L	H	C	w	t	l	Qt
	tahun	Km ²	mm	Km	Km		Km/jam	jam	mm/jam	m ³ /det
1	2	21,69	93,12	9,036	0,3	0,2	3,869	2,335	18,340	22,12
2	5	21,69	112,50	9,036	0,3	0,2	3,869	2,335	22,157	26,72
3	10	21,69	122,65	9,036	0,3	0,2	3,869	2,335	24,156	29,13
4	25	21,69	132,52	9,036	0,3	0,2	3,869	2,335	26,101	31,48
5	50	21,69	140,41	9,036	0,3	0,2	3,869	2,335	27,655	33,35
6	100	21,69	146,87	9,036	0,3	0,2	3,869	2,335	28,927	34,89

Sumber: Hasil Perhitungan

B. Metode Weduwen

Digunakan persamaan (Loebis, 1987) :

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \cdot \frac{R_n}{240} \dots\dots\dots (4.9)$$

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

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

$$q_n = \frac{67,65}{t+1,45}$$

Laporan Tugas Akhir

$$t = 0,125 \cdot L \cdot Q^{-0,125} \cdot I^{-0,25}$$

di mana :

- Q_n = debit banjir (m^3/det) dengan kemungkinan tak terpenuhi n %
 R_n = curah hujan harian maksimum ($mm/hari$) dengan kemungkinan tidak terpenuhi n %
 α = koefisien limpasan air hujan (*run off*)
 β = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS
 q_n = curah hujan ($m^3/det.km^2$)
 A = luas daerah aliran (km^2) sampai 100 km^2
 t = lamanya curah hujan (jam) yaitu pada saat-saat kritis curah hujan yang mengacu pada terjadinya debit puncak, tidak sama dengan waktu konsentrasi Melchior
 L = panjang sungai (km)
 I = gradien (Melchior) sungai atau medan

$$\text{Luas DAS (A)} = 21,69 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 9,036 \text{ km}$$

$$\text{Kemiringan Sungai (I)} = 0,033$$

Dengan cara coba-coba untuk mendapatkan nilai t mendekati atau sama dengan t asumsi.

Tabel 4.19 Perhitungan Lamanya Curah Hujan Saat Kritis Metode Weduwen

T	β	q_n	α	Q_n	t
1	0,877535	27,61224	0,868719	456,5678	1,232593
2	0,888669	19,6087	0,832144	314,5186	1,291374
3	0,897946	15,20225	0,80146	237,3011	1,337659
4	0,905797	12,41284	0,775263	189,0646	1,3762
5	0,912525	10,48837	0,752578	156,23	1,40941
1,25	0,880522	25,05556	0,858922	411,0151	1,248894

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Dengan cara coba-coba didapat $t=1,25$ jam

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \cdot \frac{R_n}{240}$$

$$= 2,69 R_n$$

Tabel 4.20 Perhitungan Debit Metode Weduwen (Leobis, 1987)

No.	Periode	Rn (mm)	Q (m3/det)
1	2	93,12	159,47
2	5	112,50	192,66
3	10	122,65	210,04
4	25	132,52	226,95
5	50	140,41	240,47
6	100	146,87	251,53

Sumber: Hasil Perhitungan

C. Metode Haspers

Perhitungan debit banjir rencana untuk metode ini menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut (Loebis, 1987) :

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,70}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,70}}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,70 \cdot 10^{-0,40t}}{t^2 + 15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12}$$

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

$$t = 0,10 \cdot L^{0,80} \cdot i^{-0,30}$$

a. Untuk $t < 2$ jam

$$R_n = \frac{tR24}{t + 1 - 0.0008 \cdot (260 - R24)(2 - t)^2}$$

b. Untuk $2 \text{ jam} \leq t \leq 19 \text{ jam}$

$$R_n = \frac{tR24}{t + 1}$$

c. Untuk $19 \text{ jam} \leq t \leq 30 \text{ jam}$

$$R_n = 0.707R24\sqrt{t + 1}$$

dimana t dalam jam dan Rt, R24 (mm)

Laporan Tugas Akhir

Perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun menggunakan metode Haspers disajikan dalam Tabel 4.21

Tabel 4.21 Perhitungan Debit Banjir Dengan Metode Hasper

No.	Periode	R24	A	L	I	t	Rn	qn	Koef. Red	Koef. Alir	Qt
	tahun	mm	km ²	Km				m ³ /det km			m ³ /det
1	2	93,12	21,69	9,036	0,033	2,018	62,261	8,57	0,488	0,420	288,03
2	5	112,50	21,69	9,036	0,033	2,018	75,218	10,36	0,488	0,420	347,98
3	10	122,65	21,69	9,036	0,033	2,018	82,005	11,29	0,488	0,420	379,37
4	25	132,52	21,69	9,036	0,033	2,018	88,607	12,20	0,488	0,420	409,91
5	50	140,41	21,69	9,036	0,033	2,018	93,882	12,93	0,488	0,420	434,32
6	100	146,87	21,69	9,036	0,033	2,018	98,201	13,52	0,488	0,420	454,30

Sumber: Hasil Perhitungan

D. Metode FSR Jawa Sumatra

Untuk perhitungan debit banjir rencana Metode Manual Jawa Sumatra penulis gunakan *metode regresi* karena penulis tidak memiliki data pengamatan debit Sungai Grubugan. Dengan data hujan harian yang tersedia dan luas daerah pengaliran sungai.

Penentuan parameter

– AREA

Luas DAS ditentukan dari peta topografi yang tersedia yaitu luas DAS S. Grubugan 21,69 km².

– APBAR

Mendapatkan APBAR dapat dihitung dengan data curah hujan yang terbesar 1 hari dengan data:

$$\text{Arf} = 0,987$$

$$\text{PBAR} = 141 \text{ mm}$$

$$\text{APBAR} = \text{PBAR} \times \text{Arf} = 139,2 \text{ mm}$$

– SIMS

Nilai sims adalah indek yang menunjukan besarnya kemiringan alur sungai yaitu dengan persamaan

$$S = (\text{Elev. Hulu} - \text{Elev. Hilir}) / \text{Panjang sungai.}$$

$$S = (350 - 50) / 9036$$

$$S = 0,033$$

Didapat SIMS = 0,033

Laporan Tugas Akhir

– LAKE

Nilai ini harus berada $0 \leq lake \leq 0.25$

$$LAKE = \frac{\text{luas DAS hulu}}{\text{luas DAS}} = \frac{4,72}{21,69} = 0.217$$

Berdasarkan persamaan berikut:

$$\bar{X} = 10^A X_1^B X_2^C$$

Dan berdasarkan 4 parameter DAS: AREA, APBAR, SIMS, dan LAKE telah diperoleh persamaan regresi, dengan model matematik:

$$\bar{X} = (8.00) \times (10^{-6}) (AREA)^V (APBAR)^{2.445} (SIMS)^{0.117} (1 + LAKE)^{-0.85} \dots\dots\dots (4.11)$$

$$V = 1.02 - 0.0275 \log.AREA$$

$$V = 0,983$$

Maka nilai

$$X = (8 \cdot 10^{-6}) (21,69)^{0,983} (139,2)^{2,445} (0,033)^{0,117} (1+0,217)^{-0,85}$$

$$X = 16,3 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q = GF \times X \dots\dots\dots (4.12)$$

Tabel 4.22 Perkiraan Debit Puncak Banjir Tahunan Rata – Rata DAS Sungai Grubugan Dengan Metode Persamaan Regresi

No.	Periode Ulang	GF	X	Debit (m3/det)
1	2	1	16,30	16,30
2	5	1,28	16,30	20,86
3	10	1,56	16,30	25,43
4	25	1,89	16,30	30,81
5	50	2,35	16,30	38,31
6	100	2,78	16,30	45,31
7	200	3,27	16,30	53,30
8	1000	4,68	16,30	76,28

Sumber: Hasil Perhitungan

E. Metode Hidrograf Satuan Sintetik GAMMA 1

Perhitungan *Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I* menggunakan persamaan-persamaan yang dijelaskan pada sub bab dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

Laporan Tugas Akhir

1. Menentukan data-data yang digunakan dalam perhitungan. Dari pengukuran pada peta topografi digital Kabupaten Rembang diperoleh data atau parameter yang digunakan dalam perhitungan *Hidrograf Sintetik Gamma I* DAS Sungai Grubugan. Gambar peta topografi dapat dilihat pada lampiran gambar. Data hasil pengukuran adalah sebagai berikut:

Luas DAS (A)	=	21,69 km ²
Panjang sungai utama (L)	=	10.5 km
Panjang sungai tingkat 1 (satu)	=	22,1 km
Panjang sungai semua tingkat	=	50.5 km
Jumlah sungai tingkat 1(satu)	=	15
Jumlah sungai semua tingkat	=	55
Jumlah pertemuan sungai (JN)	=	40

Kelandaian sungai (S)

Perhitungan kemiringan dasar sungai :

$$S = (\text{Elev. Hulu} - \text{Elev. Hilir}) / \text{Panjang sungai.}$$

$$S = (350-50)/10500$$

$$S = 0.033$$

Indeks kerapatan sungai (D)

$$D = \frac{50,5}{21,69}$$

$$= 2,305 \text{ km/km}^2$$

dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

$$SF = \frac{22,1}{50,5}$$

$$= 0,438 \text{ km/km}^2$$

Faktor lebar (WF) adalah perbandingan antara lebar DAS yang diukur dari titik berjarak $\frac{3}{4}$ L dengan lebar DAS yang diukur dari titik yang berjarak $\frac{1}{4}$ L dari tempat pengukuran (WF) (Soedibyo, 1993)

$$W_u = 2,31 \text{ km}$$

$$W_i = 3,13 \text{ km}$$

$$WF = \frac{2,31}{3,13} = 0,74$$

Laporan Tugas Akhir

Perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun pengukuran dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS melewati titik tersebut dengan luas DAS total (RUA) (Soediyo, 1993)

$$Au = 18.15 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} RUA &= \frac{Au}{A} \\ &= \frac{16,65}{21,69} \\ &= 0,78 \end{aligned}$$

Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil perkalian antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA) (Soediby, 1993)

$$\begin{aligned} SIM &= WF \cdot RUA \\ &= 0,74 \times 0,78 = 0,5772 \end{aligned}$$

Frekuensi sumber (SN) yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat 1 dengan jumlah segmen sungai semua tingkat.

$$SN = \frac{15}{55} = 0,272$$

2. Menghitung TR (*time of resesion*) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} TR &= 0,43 \cdot \left[\frac{L}{100 \cdot SF} \right]^3 + 1,06665 \cdot SIM + 1,2775 \quad \dots\dots\dots (4.13) \\ &= 0,43 \cdot \left[\frac{18}{100 \cdot 0,272} \right]^3 + 1,06665 \cdot 0,5772 + 1,2775 \\ &= 2,01 \text{ jam} \end{aligned}$$

3. Menghitung debit puncak Q_p dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,1836 \cdot A^{0,5886} \cdot T_R^{-0,0986} \cdot JN^{0,2381} \quad \dots\dots\dots (4.14) \\ &= 0,1836 \cdot 21,69^{0,5886} \cdot 2,01^{-0,0986} \cdot 40^{0,2381} \\ &= 2,52 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

4. Menghitung waktu dasar TB (*time base*) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$TB = 27,4132 \cdot T_R^{0,1457} \cdot S^{-0,0986} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,2574} \quad \dots\dots\dots (4.15)$$

Laporan Tugas Akhir

$$= 27,4132 \times 2,01^{0,1457} \times 0,033^{-0,0986} \times 0,272^{0,7344} \times 0,78^{0,2574}$$

$$= 15,317 \text{ jam}$$

5. Menghitung koefisien tumpangan k dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$k = 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$= 0,5617 \times 21,69^{0,1798} \times 0,033^{-0,1446} \times 0,438^{-1,0897} \times 2,035^{0,0452}$$

$$= 3,8$$

6. Membuat unit *hidrograf* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

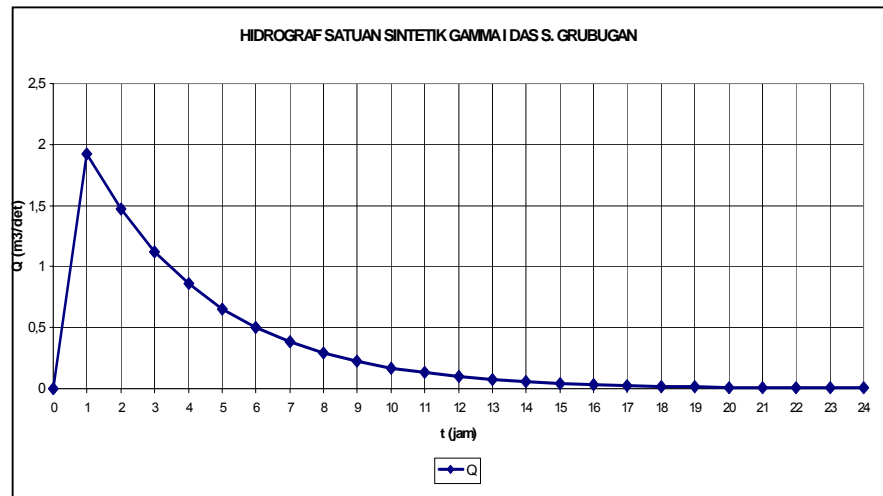
$$Q_t = Q_p \cdot e^{-t/k} \dots\dots\dots (4.17)$$

Tabel 4.23 Perhitungan Resesi Unit Hidrograf

t (jam)	Qp	k (jam)	t/k	Qt
0	2,52	3,8	0	0
1	2,52	3,8	-0,263158	1,925513851
2	2,52	3,8	-0,526316	1,471271267
3	2,52	3,8	-0,789474	1,124187779
4	2,52	3,8	-1,052632	0,858983786
5	2,52	3,8	-1,315789	0,656343324
6	2,52	3,8	-1,578947	0,501507207
7	2,52	3,8	-1,842105	0,383198045
8	2,52	3,8	-2,105263	0,292798867
9	2,52	3,8	-2,368421	0,223725505
10	2,52	3,8	-2,631579	0,170947047
11	2,52	3,8	-2,894737	0,130619408
12	2,52	3,8	-3,157895	0,099805349
13	2,52	3,8	-3,421053	0,076260548
14	2,52	3,8	-3,684211	0,058270136
15	2,52	3,8	-3,947368	0,044523791
16	2,52	3,8	-4,210526	0,034020308
17	2,52	3,8	-4,473684	0,025994672
18	2,52	3,8	-4,736842	0,019862342
19	2,52	3,8	-5	0,015176672
20	2,52	3,8	-5,263158	0,011596386
21	2,52	3,8	-5,526316	0,008860715
22	2,52	3,8	-5,789474	0,006770409
23	2,52	3,8	-6,052632	0,00517322
24	2,52	3,8	-6,315789	0,00395282

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir



Gambar 4.2. Hidrograf Satuan Sintetis Gamma I

7. Menghitung besar aliran dasar QB dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 QB &= 0,4751 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,9430} \dots\dots\dots (4.18) \\
 &= 0,4751 \times 21,69^{0,6444} \times 2,305^{0,9430} \\
 &= 1,55 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

8. Menghitung indeks infiltrasi berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Phi &= 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} \cdot A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} \left(\frac{A}{SN}\right)^4 \dots\dots\dots (4.19) \\
 &= 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} \cdot 21,69^2 + 1,6985 \times 10^{-13} \left(\frac{21,69}{0,272}\right)^4 \\
 &= 10,49
 \end{aligned}$$

9. Menghitung distribusi hujan efektif untuk memperoleh *hidrograf* dengan metode Φ Indeks. Kemudian dapat dihitung hidrograf banjirnya.

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.24 Hujan Efektif Tiap Jam Periode Ulang T tahun

2		5		10		25		50		100	
I	Re	I	Re	I	Re	I	Re	I	Re	I	Re
32,283	21,79	39,002	28,31	42,52	32,03	45,942	35,45	48,677	38,19	50,917	40,43
20,337	9,85	24,569	14,09	26,786	16,30	28,942	18,46	30,665	20,18	32,076	21,59
15,52	5,03	18,75	8,27	20,442	9,96	22,087	11,60	23,402	12,92	24,478	14,00
12,811	2,32	15,478	5,00	16,874	6,39	18,232	7,75	19,318	8,84	20,206	9,72
11,041	0,55	13,338	2,86	14,542	4,06	15,712	5,23	16,647	6,17	17,413	6,93
10,51	0,02	11,812	1,33	12,877	2,40	13,914	3,43	14,742	4,26	15,42	4,94
		10,66	0,18	11,62	1,14	12,55	2,07	13,3	2,82	13,91	3,43
				10,63	0,15	11,49	1,01	12,17	1,69	12,73	2,25
						10,62	0,14	11,25	0,77	11,77	1,29
								10,49	0,01	10,97	0,49

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 2 Tahun

t (jam)	UH	distribusi hujan jam jaman						Qb	Q
		21,79	9,85	5,03	2,32	0,55	0,02		
	m3/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m3/det	m3/det
0	0	0,0000						1,55	1,55
1	1,92551	41,9569	0,0000					1,55	45,43
2	1,47127	32,0590	18,966	0,0000				1,55	54,05
3	1,12419	24,4961	14,492	9,685	0,0000			1,55	51,35
4	0,85898	18,7173	11,0732	7,4005	4,467	0,0000		1,55	44,07
5	0,65634	14,3017	8,4610	5,6547	3,4133	1,0590	0,0000	1,55	35,10
6	0,50151	10,9278	6,4650	4,3207	2,6081	0,8092	0,0385	1,55	27,22
7	0,3832	8,3499	4,9398	3,3014	1,9928	0,6183	0,0294	1,55	21,16
8	0,2928	6,3801	3,7745	2,5226	1,5227	0,4724	0,0225	1,55	16,54
9	0,22373	4,8750	2,8841	1,9275	1,1635	0,3610	0,0172	1,55	13,00
10	0,17095	3,7249	2,2037	1,4728	0,8890	0,2758	0,0131	1,55	10,30
11	0,13062	2,8462	1,6838	1,1253	0,6793	0,2108	0,0100	1,55	8,24
12	0,09981	2,1748	1,2866	0,8599	0,5190	0,1610	0,0077	1,55	6,66
13	0,07626	1,6617	0,9831	0,6570	0,3966	0,1230	0,0059	1,55	5,45
14	0,05827	1,2697	0,7512	0,5020	0,3030	0,0940	0,0045	1,55	4,53
15	0,04452	0,9702	0,5740	0,3836	0,2315	0,0718	0,0034	1,55	3,83
16	0,03402	0,7413	0,4386	0,2931	0,1769	0,0549	0,0026	1,55	3,29
17	0,02599	0,5664	0,3351	0,2240	0,1352	0,0419	0,0020	1,55	2,88
18	0,01986	0,4328	0,2560	0,1711	0,1033	0,0320	0,0015	1,55	2,57
19	0,01518	0,3307	0,1956	0,1308	0,0789	0,0245	0,0012	1,55	2,33
20	0,0116	0,2527	0,1495	0,0999	0,0603	0,0187	0,0009	1,55	2,14
21	0,00886	0,1931	0,1142	0,0763	0,0461	0,0143	0,0007	1,55	2,00
22	0,00677	0,1475	0,0873	0,0583	0,0352	0,0109	0,0005	1,55	1,90
23	0,00517	0,1127	0,0667	0,0446	0,0269	0,0083	0,0004	1,55	1,81
24	0,00395	0,0861	0,0510	0,0341	0,0206	0,0064	0,0003	1,55	1,75
		0,0000	0,0389	0,0260	0,0157	0,0049	0,0002	1,55	1,64
			0,0000	0,0199	0,0120	0,0037	0,0002	1,55	1,59
				0,0000	0,0092	0,0028	0,0001	1,55	1,56
					0,0000	0,0022	0,0001	1,55	1,55
						0,0000	0,0001	1,55	1,55
							0,0000	1,55	1,55

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.26 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 5 tahun

t (jam)	UH	distribusi hujan jam jaman							Qb	Q
		23,31	14,09	8,27	5,00	2,86	1,33	0,18		
	m3/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m3/det	m3/det
0	0	0,0000							1,55	1,55
1	1,92551	44,8837	0,0000						1,55	48,36
2	1,47127	34,2953	27,130	0,0000					1,55	64,45
3	1,12419	26,2048	20,730	15,924	0,0000				1,55	65,53
4	0,85898	20,0229	15,8398	12,1674	9,628	0,0000			1,55	60,07
5	0,65634	15,2994	12,1031	9,2970	7,3564	5,5070	0,0000		1,55	51,77
6	0,50151	11,6901	9,2479	7,1038	5,6209	4,2078	2,5609	0,0000	1,55	42,48
7	0,3832	8,9323	7,0662	5,4280	4,2949	3,2152	1,9568	0,3466	1,55	33,17
8	0,2928	6,8251	5,3993	4,1475	3,2817	2,4567	1,4952	0,2648	1,55	25,71
9	0,22373	5,2150	4,1255	3,1690	2,5075	1,8771	1,1424	0,2024	1,55	20,01
10	0,17095	3,9848	3,1523	2,4214	1,9160	1,4343	0,8729	0,1546	1,55	15,66
11	0,13062	3,0447	2,4086	1,8502	1,4640	1,0959	0,6670	0,1181	1,55	12,33
12	0,09981	2,3265	1,8404	1,4137	1,1186	0,8374	0,5097	0,0903	1,55	9,79
13	0,07626	1,7776	1,4063	1,0802	0,8547	0,6399	0,3894	0,0690	1,55	7,84
14	0,05827	1,3583	1,0745	0,8254	0,6531	0,4889	0,2976	0,0527	1,55	6,36
15	0,04452	1,0378	0,8210	0,6307	0,4990	0,3736	0,2274	0,0403	1,55	5,22
16	0,03402	0,7930	0,6273	0,4819	0,3813	0,2854	0,1737	0,0308	1,55	4,36
17	0,02599	0,6059	0,4793	0,3682	0,2914	0,2181	0,1327	0,0235	1,55	3,70
18	0,01986	0,4630	0,3663	0,2813	0,2226	0,1667	0,1014	0,0180	1,55	3,19
19	0,01518	0,3538	0,2799	0,2150	0,1701	0,1273	0,0775	0,0137	1,55	2,80
20	0,0116	0,2703	0,2138	0,1643	0,1300	0,0973	0,0592	0,0105	1,55	2,51
21	0,00886	0,2065	0,1634	0,1255	0,0993	0,0743	0,0452	0,0080	1,55	2,28
22	0,00677	0,1578	0,1248	0,0959	0,0759	0,0568	0,0346	0,0061	1,55	2,11
23	0,00517	0,1206	0,0954	0,0733	0,0580	0,0434	0,0264	0,0047	1,55	1,98
24	0,00395	0,0921	0,0729	0,0560	0,0443	0,0332	0,0202	0,0036	1,55	1,88
		0,0000	0,0557	0,0428	0,0339	0,0253	0,0154	0,0027	1,55	1,73
			0,0000	0,0327	0,0259	0,0194	0,0118	0,0021	1,55	1,64
				0,0000	0,0198	0,0148	0,0090	0,0016	1,55	1,60
					0,0000	0,0113	0,0069	0,0012	1,55	1,57
						0,0000	0,0053	0,0009	1,55	1,56
							0,0000	0,0007	1,55	1,55
							0,0000		1,55	1,55

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.27 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 10 tahun

t (jam)	UH	distribusi hujan jam jaman								Qb	Q
		32,03	16,30	9,96	0,39	4,06	2,40	1,14	0,15		
	m3/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m3/det	m3/det
0	0	0,0000								1,55	1,55
1	1,92551	61,6742	0,0000							1,55	65,15
2	1,47127	47,1248	31,386	0,0000						1,55	81,53
3	1,12419	36,0077	23,982	19,178	0,0000					1,55	81,84
4	0,85898	27,5133	18,3243	14,6539	0,751	0,0000				1,55	68,76
5	0,65634	21,0227	14,0014	11,1969	0,5738	7,8176	0,0000			1,55	56,82
6	0,50151	16,0633	10,6984	8,5555	0,4384	5,9734	4,6212	0,0000		1,55	48,40
7	0,3832	12,2738	8,1746	6,5372	0,3350	4,5642	3,5311	2,1951	0,0000	1,55	39,54
8	0,2928	9,3783	6,2461	4,9950	0,2560	3,4875	2,6981	1,6772	0,2888	1,55	30,87
9	0,22373	7,1659	4,7726	3,8167	0,1956	2,6648	2,0616	1,2816	0,2207	1,55	23,95
10	0,17095	5,4754	3,6467	2,9163	0,1494	2,0361	1,5752	0,9792	0,1686	1,55	18,67
11	0,13062	4,1837	2,7864	2,2283	0,1142	1,5558	1,2036	0,7482	0,1288	1,55	14,63
12	0,09981	3,1968	2,1291	1,7026	0,0873	1,1888	0,9197	0,5717	0,0985	1,55	11,54
13	0,07626	2,4426	1,6268	1,3010	0,0667	0,9083	0,7027	0,4368	0,0752	1,55	9,19
14	0,05827	1,8664	1,2430	0,9941	0,0509	0,6940	0,5369	0,3338	0,0575	1,55	7,38
15	0,04452	1,4261	0,9498	0,7596	0,0389	0,5303	0,4103	0,2550	0,0439	1,55	6,01
16	0,03402	1,0897	0,7257	0,5804	0,0297	0,4052	0,3135	0,1949	0,0336	1,55	4,96
17	0,02599	0,8326	0,5545	0,4435	0,0227	0,3096	0,2395	0,1489	0,0256	1,55	4,15
18	0,01986	0,6362	0,4237	0,3388	0,0174	0,2366	0,1830	0,1138	0,0196	1,55	3,54
19	0,01518	0,4861	0,3238	0,2589	0,0133	0,1808	0,1398	0,0869	0,0150	1,55	3,07
20	0,0116	0,3714	0,2474	0,1978	0,0101	0,1381	0,1069	0,0664	0,0114	1,55	2,71
21	0,00886	0,2838	0,1890	0,1512	0,0077	0,1055	0,0816	0,0508	0,0087	1,55	2,44
22	0,00677	0,2169	0,1444	0,1155	0,0059	0,0806	0,0624	0,0388	0,0067	1,55	2,23
23	0,00517	0,1657	0,1104	0,0883	0,0045	0,0616	0,0477	0,0296	0,0051	1,55	2,07
24	0,00395	0,1266	0,0843	0,0674	0,0035	0,0471	0,0364	0,0226	0,0039	1,55	1,95
		0,0000	0,0644	0,0515	0,0026	0,0360	0,0278	0,0173	0,0030	1,55	1,75
			0,0000	0,0394	0,0020	0,0275	0,0213	0,0132	0,0023	1,55	1,66
				0,0000	0,0015	0,0210	0,0162	0,0101	0,0017	1,55	1,60
					0,0000	0,0160	0,0124	0,0077	0,0013	1,55	1,59
						0,0000	0,0095	0,0059	0,0010	1,55	1,57
							0,0000	0,0045	0,0008	1,55	1,56
								0,0000	0,0006	1,55	1,55
									0,0000	1,55	1,55

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.28 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 25 tahun

t (jam)	UH	distribusi hujan jam jaman									Qb	Q
		35,45	18,46	11,60	7,75	5,23	3,43	2,07	1,01	0,14		
	m3/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m3/det	m3/det
0	0	0,0000									1,55	1,55
1	1,92551	68,2595	0,0000								1,55	71,73
2	1,47127	52,1566	35,545	0,0000							1,55	90,72
3	1,12419	39,8525	27,160	22,336	0,0000						1,55	92,02
4	0,85898	30,4510	20,7525	17,0667	14,923	0,0000					1,55	85,60
5	0,65634	23,2674	15,8568	13,0406	11,4024	10,0704	0,0000				1,55	75,84
6	0,50151	17,7784	12,1161	9,9642	8,7125	7,6947	6,6045	0,0000			1,55	64,92
7	0,3832	13,5844	9,2578	7,6136	6,6571	5,8795	5,0465	3,9858	0,0000		1,55	53,96
8	0,2928	10,3797	7,0738	5,8175	5,0867	4,4925	3,8560	3,0455	1,9448	0,0000	1,55	43,54
9	0,22373	7,9311	5,4051	4,4451	3,8867	3,4327	2,9463	2,3271	1,4860	0,2696	1,55	33,90
10	0,17095	6,0601	4,1300	3,3965	2,9698	2,6229	2,2513	1,7781	1,1354	0,2060	1,55	26,27
11	0,13062	4,6305	3,1557	2,5952	2,2692	2,0041	1,7202	1,3586	0,8676	0,1574	1,55	20,44
12	0,09981	3,5381	2,4112	1,9830	1,7339	1,5313	1,3144	1,0381	0,6629	0,1203	1,55	15,98
13	0,07626	2,7034	1,8424	1,5152	1,3248	1,1701	1,0043	0,7932	0,5065	0,0919	1,55	12,58
14	0,05827	2,0657	1,4078	1,1577	1,0123	0,8941	0,7674	0,6061	0,3870	0,0702	1,55	9,98
15	0,04452	1,5784	1,0757	0,8846	0,7735	0,6831	0,5863	0,4631	0,2957	0,0536	1,55	7,99
16	0,03402	1,2060	0,8219	0,6759	0,5910	0,5220	0,4480	0,3539	0,2260	0,0410	1,55	6,47
17	0,02599	0,9215	0,6280	0,5165	0,4516	0,3988	0,3423	0,2704	0,1727	0,0313	1,55	5,31
18	0,01986	0,7041	0,4799	0,3946	0,3451	0,3048	0,2616	0,2066	0,1319	0,0239	1,55	4,42
19	0,01518	0,5380	0,3667	0,3015	0,2637	0,2329	0,1999	0,1579	0,1008	0,0183	1,55	3,74
20	0,0116	0,4111	0,2802	0,2304	0,2015	0,1779	0,1527	0,1206	0,0770	0,0140	1,55	3,23
21	0,00886	0,3141	0,2141	0,1760	0,1539	0,1360	0,1167	0,0922	0,0589	0,0107	1,55	2,83
22	0,00677	0,2400	0,1636	0,1345	0,1176	0,1039	0,0892	0,0704	0,0450	0,0082	1,55	2,53
23	0,00517	0,1834	0,1250	0,1028	0,0899	0,0794	0,0681	0,0538	0,0344	0,0062	1,55	2,30
24	0,00395	0,1401	0,0955	0,0785	0,0687	0,0606	0,0521	0,0411	0,0263	0,0048	1,55	2,12
		0,0000	0,0730	0,0600	0,0525	0,0463	0,0398	0,0314	0,0201	0,0036	1,55	1,88
			0,0000	0,0459	0,0401	0,0354	0,0304	0,0240	0,0153	0,0028	1,55	1,74
				0,0000	0,0306	0,0271	0,0232	0,0183	0,0117	0,0021	1,55	1,66
					0,0000	0,0207	0,0177	0,0140	0,0089	0,0016	1,55	1,61
							0,0000	0,0136	0,0107	0,0068	1,55	1,58
								0,0000	0,0082	0,0052	1,55	1,56
									0,0000	0,0040	1,55	1,55
									0,0000	0,0006	1,55	1,55
										0,0000	1,55	1,55

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.29 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 50 tahun

t (jam)	UH	distribusi hujan jam jaman										Qb	Q
		38,19	20,18	12,92	4,00	6,17	4,26	2,82	1,69	0,77	0,01		
	m3/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m3/det	m3/det
0	0	0,0000										1,55	1,55
1	1,92551	73,5354	0,0000									1,55	77,01
2	1,47127	56,1878	38,857	0,0000								1,55	98,07
3	1,12419	42,9327	29,690	24,878	0,0000							1,55	100,17
4	0,85898	32,8046	22,6861	19,0088	7,702	0,0000						1,55	89,72
5	0,65634	25,0658	17,3343	14,5245	5,8851	11,8804	0,0000					1,55	76,90
6	0,50151	19,1526	13,2450	11,0981	4,4968	9,0777	8,2027	0,0000				1,55	67,32
7	0,3832	14,6343	10,1204	8,4800	3,4359	6,9362	6,2676	5,4299	0,0000			1,55	57,24
8	0,2928	11,1820	7,7329	6,4795	2,6254	5,2999	4,7890	4,1490	3,2541	0,0000		1,55	47,35
9	0,22373	8,5441	5,9087	4,9509	2,0060	4,0496	3,6593	3,1702	2,4864	1,4826	0,0000	1,55	38,03
10	0,17095	6,5285	4,5148	3,7830	1,5328	3,0943	2,7960	2,4223	1,8999	1,1329	0,0193	1,55	29,44
11	0,13062	4,9884	3,4497	2,8905	1,1712	2,3643	2,1364	1,8509	1,4517	0,8656	0,0147	1,55	22,86
12	0,09981	3,8116	2,6359	2,2086	0,8949	1,8066	1,6324	1,4143	1,1092	0,6614	0,0112	1,55	17,84
13	0,07626	2,9124	2,0141	1,6876	0,6838	1,3804	1,2473	1,0806	0,8475	0,5054	0,0086	1,55	13,99
14	0,05827	2,2253	1,5389	1,2895	0,5225	1,0547	0,9531	0,8257	0,6476	0,3862	0,0066	1,55	11,06
15	0,04452	1,7004	1,1759	0,9853	0,3992	0,8059	0,7282	0,6309	0,4948	0,2951	0,0050	1,55	8,82
16	0,03402	1,2992	0,8985	0,7529	0,3050	0,6158	0,5564	0,4821	0,3781	0,2255	0,0038	1,55	7,10
17	0,02599	0,9927	0,6865	0,5752	0,2331	0,4705	0,4252	0,3683	0,2889	0,1723	0,0029	1,55	5,79
18	0,01986	0,7585	0,5246	0,4395	0,1781	0,3595	0,3249	0,2815	0,2207	0,1316	0,0022	1,55	4,79
19	0,01518	0,5796	0,4008	0,3359	0,1361	0,2747	0,2482	0,2151	0,1687	0,1006	0,0017	1,55	4,03
20	0,0116	0,4429	0,3063	0,2566	0,1040	0,2099	0,1897	0,1643	0,1289	0,0769	0,0013	1,55	3,44
21	0,00886	0,3384	0,2340	0,1961	0,0794	0,1604	0,1449	0,1256	0,0985	0,0587	0,0010	1,55	3,00
22	0,00677	0,2586	0,1788	0,1498	0,0607	0,1226	0,1107	0,0959	0,0752	0,0449	0,0008	1,55	2,65
23	0,00517	0,1976	0,1366	0,1145	0,0464	0,0936	0,0846	0,0733	0,0575	0,0343	0,0006	1,55	2,39
24	0,00395	0,1510	0,1044	0,0875	0,0354	0,0715	0,0647	0,0560	0,0439	0,0262	0,0004	1,55	2,20
		0,0000	0,0798	0,0668	0,0271	0,0547	0,0494	0,0428	0,0336	0,0200	0,0003	1,55	1,92
			0,0000	0,0511	0,0207	0,0418	0,0377	0,0327	0,0256	0,0153	0,0003	1,55	1,78
				0,0000	0,0158	0,0319	0,0288	0,0250	0,0196	0,0117	0,0002	1,55	1,68
					0,0000	0,0244	0,0220	0,0191	0,0150	0,0089	0,0002	1,55	1,64
						0,0000	0,0168	0,0146	0,0114	0,0068	0,0001	1,55	1,60
							0,0000	0,0111	0,0087	0,0052	0,0001	1,55	1,58
								0,0000	0,0067	0,0040	0,0001	1,55	1,56
									0,0000	0,0030	0,0001	1,55	1,55
										0,0000	0,0000	1,55	1,55

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.30 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 100 tahun

t (jam)	UH	distribusi hujan jam jaman										Qb	Q
		40,43	21,59	14,00	9,72	6,93	4,94	3,43	2,25	1,29	0,49		
	m3/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m3/det	m3/det
0	0	0,0000										1,55	1,55
1	1,925513851	77,8485	0,0000									1,55	81,32
2	1,471271267	59,4835	41,572	0,0000								1,55	104,08
3	1,124187779	45,4509	31,765	26,957	0,0000							1,55	106,85
4	0,858983786	34,7287	24,2712	20,5978	18,716	0,0000						1,55	100,72
5	0,656343324	26,5360	18,5455	15,7386	14,3008	13,3438	0,0000					1,55	90,67
6	0,501507207	20,2759	14,1705	12,0258	10,9271	10,1959	9,5120	0,0000				1,55	79,16
7	0,383198045	15,4927	10,8275	9,1888	8,3493	7,7906	7,2681	6,6045	0,0000			1,55	67,45
8	0,292798867	11,8379	8,2732	7,0211	6,3797	5,9528	5,5535	5,0465	4,3324	0,0000		1,55	56,24
9	0,223725505	9,0452	6,3215	5,3648	4,8747	4,5485	4,2434	3,8560	3,3104	2,4839	0,0000	1,55	45,82
10	0,170947047	6,9114	4,8302	4,0992	3,7247	3,4754	3,2423	2,9463	2,5294	1,8979	0,9435	1,55	36,32
11	0,130619408	5,2809	3,6907	3,1322	2,8460	2,6556	2,4774	2,2513	1,9327	1,4502	0,7209	1,55	28,12
12	0,099805349	4,0351	2,8201	2,3933	2,1746	2,0291	1,8930	1,7202	1,4768	1,1081	0,5509	1,55	21,85
13	0,076260548	3,0832	2,1548	1,8287	1,6616	1,5504	1,4464	1,3144	1,1284	0,8467	0,4209	1,55	17,06
14	0,058270136	2,3559	1,6465	1,3973	1,2696	1,1847	1,1052	1,0043	0,8622	0,6469	0,3216	1,55	13,40
15	0,044523791	1,8001	1,2581	1,0676	0,9701	0,9052	0,8445	0,7674	0,6588	0,4943	0,2457	1,55	10,61
16	0,034020308	1,3754	0,9613	0,8158	0,7413	0,6917	0,6453	0,5863	0,5034	0,3777	0,1878	1,55	8,47
17	0,025994672	1,0510	0,7345	0,6233	0,5664	0,5285	0,4930	0,4480	0,3846	0,2886	0,1435	1,55	6,84
18	0,019862342	0,8030	0,5612	0,4763	0,4328	0,4038	0,3767	0,3423	0,2939	0,2205	0,1096	1,55	5,59
19	0,015176672	0,6136	0,4288	0,3639	0,3307	0,3085	0,2879	0,2616	0,2246	0,1685	0,0838	1,55	4,64
20	0,011596386	0,4688	0,3277	0,2781	0,2527	0,2358	0,2199	0,1999	0,1716	0,1287	0,0640	1,55	3,91
21	0,008860715	0,3582	0,2504	0,2125	0,1931	0,1801	0,1681	0,1527	0,1311	0,0984	0,0489	1,55	3,35
22	0,006770409	0,2737	0,1913	0,1623	0,1475	0,1376	0,1284	0,1167	0,1002	0,0752	0,0374	1,55	2,93
23	0,00517322	0,2092	0,1462	0,1241	0,1127	0,1052	0,0981	0,0892	0,0765	0,0574	0,0286	1,55	2,60
24	0,00395282	0,1598	0,1117	0,0948	0,0861	0,0804	0,0750	0,0681	0,0585	0,0439	0,0218	1,55	2,35
		0,0000	0,0853	0,0724	0,0658	0,0614	0,0573	0,0521	0,0447	0,0335	0,0167	1,55	2,04
			0,0000	0,0553	0,0503	0,0469	0,0438	0,0398	0,0341	0,0256	0,0127	1,55	1,86
				0,0000	0,0384	0,0359	0,0334	0,0304	0,0261	0,0196	0,0097	1,55	1,74
					0,0000	0,0274	0,0256	0,0232	0,0199	0,0150	0,0074	1,55	1,67
						0,0000	0,0195	0,0177	0,0152	0,0114	0,0057	1,55	1,62
							0,0000	0,0136	0,0116	0,0087	0,0043	1,55	1,59
								0,0000	0,0089	0,0067	0,0033	1,55	1,57
									0,0000	0,0051	0,0025	1,55	1,56
										0,0000	0,0019	1,55	1,55
											0,0000	1,55	1,55

Sumber: Hasil Perhitungan

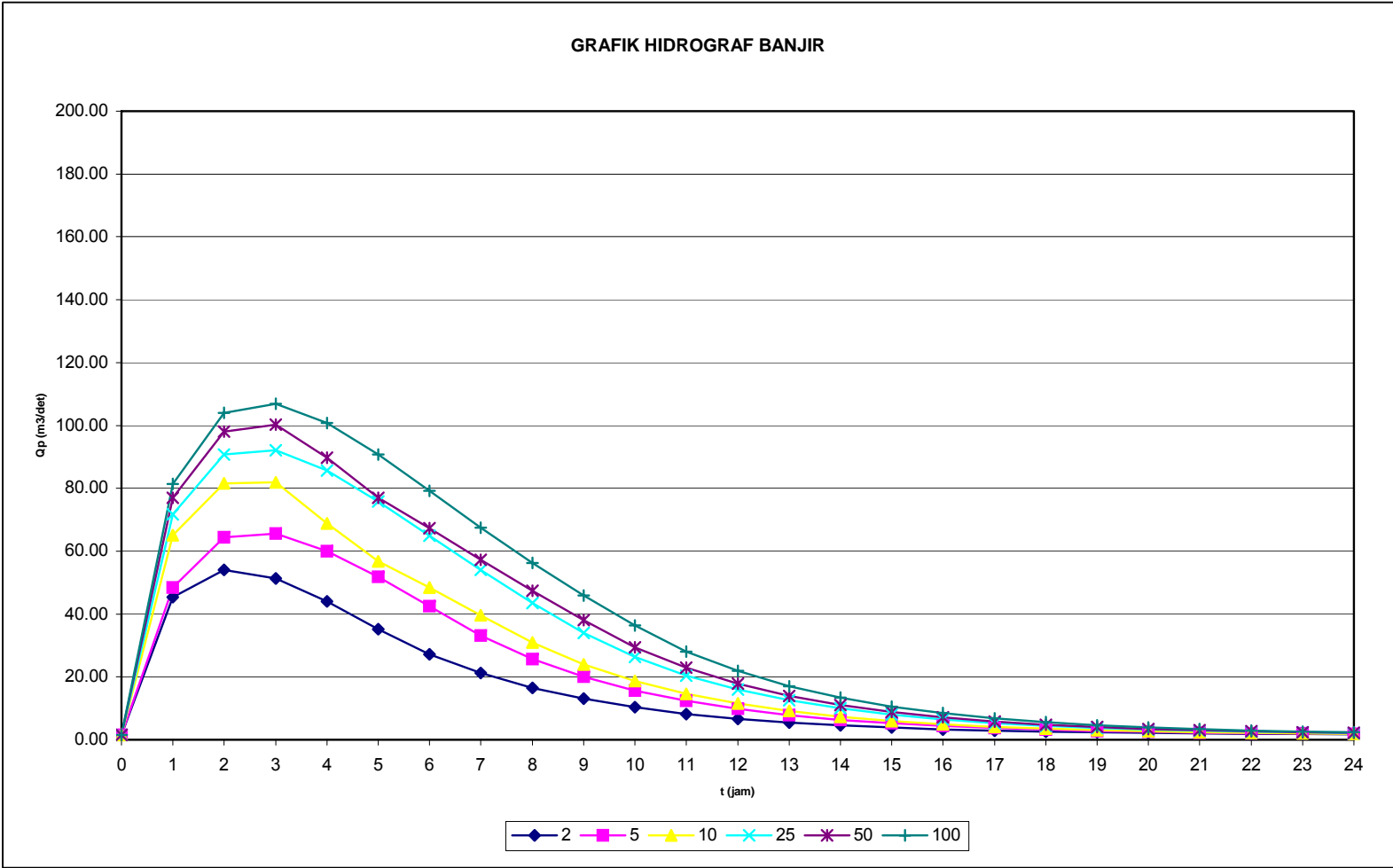
Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.31 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan

t(jam)	Periode Ulang					
	2	5	10	25	50	100
0	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
1	45,43	48,36	65,15	71,73	77,01	81,32
2	54,05	64,45	81,53	90,72	98,07	104,08
3	51,35	65,53	81,84	92,02	100,17	106,85
4	44,07	60,07	68,76	85,60	89,72	100,72
5	35,10	51,77	56,82	75,84	76,90	90,67
6	27,22	42,48	48,40	64,92	67,32	79,16
7	21,16	33,17	39,54	53,96	57,24	67,45
8	16,54	25,71	30,87	43,54	47,35	56,24
9	13,00	20,01	23,95	33,90	38,03	45,82
10	10,30	15,66	18,67	26,27	29,44	36,32
11	8,24	12,33	14,63	20,44	22,86	28,12
12	6,66	9,79	11,54	15,98	17,84	21,85
13	5,45	7,84	9,19	12,58	13,99	17,06
14	4,53	6,36	7,38	9,98	11,06	13,40
15	3,83	5,22	6,01	7,99	8,82	10,61
16	3,29	4,36	4,96	6,47	7,10	8,47
17	2,88	3,70	4,15	5,31	5,79	6,84
18	2,57	3,19	3,54	4,42	4,79	5,59
19	2,33	2,80	3,07	3,74	4,03	4,64
20	2,14	2,51	2,71	3,23	3,44	3,91
21	2,00	2,28	2,44	2,83	3,00	3,35
22	1,90	2,11	2,23	2,53	2,65	2,93
23	1,81	1,98	2,07	2,30	2,39	2,60
24	1,75	1,88	1,95	2,12	2,20	2,35

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

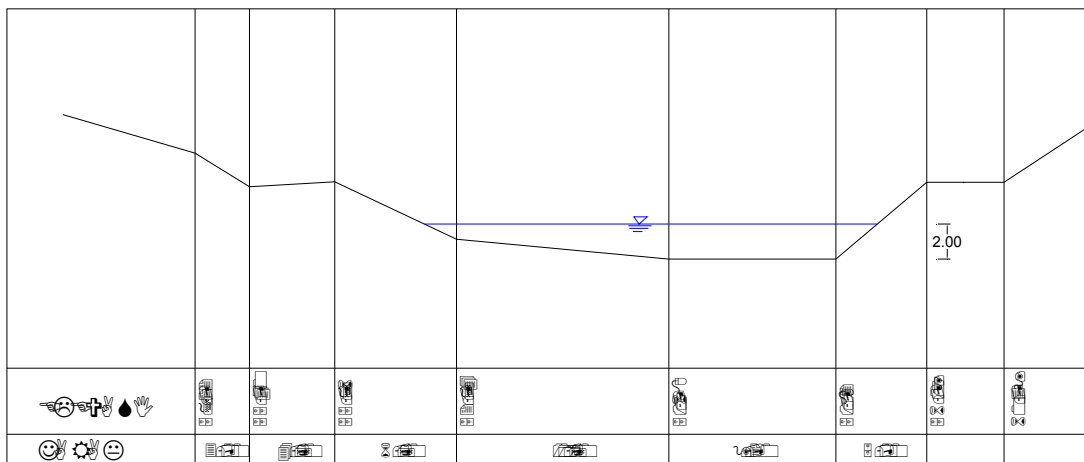


Gambar 4.3 Hidrograf Banjir DPS Sungai Grubugan

Laporan Tugas Akhir

F. Metode *Passing Capacity*

Metode *passing capacity* digunakan sebagai kontrol terhadap hasil perhitungan debit banjir rencana yang diperoleh dari data curah hujan. Besarnya elevasi muka air sungai banjir maksimum berdasarkan informasi dari warga sekitar Sungai Grubugan seperti pada Gambar 4.4. Langkah-langkah perhitungan dengan metode *passing capacity* adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Potongan Melintang Sungai Pada As Tubuh Embung

1. Menentukan kemiringan dasar sungai dengan mengambil elevasi sungai pada jarak 100 m dari as tubuh embung di sebelah hulu dan hilir, didapat :

$$I = (52 - 47) / 200 = 0.03$$

2. Menentukan besaran koefisien manning berdasarkan kondisi dasar sungai, ditentukan $n = 0,045$.
3. Menghitung luas tampang aliran (dengan *Software AutoCAD*):

$$A = 38,12 \text{ m}^2$$

4. Menghitung keliling basah (dengan *Software AutoCAD*):

$$P = 44,35 \text{ m}$$

5. Menghitung jari-jari hidraulis :

Laporan Tugas Akhir

$$R = \frac{A}{P} = \frac{38,12}{44,35} = 0,859$$

6. Menghitung debit aliran :

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} A = \frac{1}{0,045} \cdot 0,859^{2/3} \cdot 0,03^{1/2} \cdot 38,12 = 132,6 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit banjir perhitungan dengan metode *passing capacity* dicek lagi dengan melihat hasil analisis hidrolika penampang sungai dengan bantuan software HEC-RAS seperti pada Lampiran Gambar VI.13.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan

Periode Ulang	Debit Q (m ³ /det)					Passing Capacity
	Rasional	Weduwen	Hasper	Jawa-Sumatera	HSS Gamma 1	
2	22,12	159,47	288,03	16,30	51,35	132,6
5	26,72	192,66	347,98	20,86	65,53	
10	29,13	210,04	379,37	25,43	81,84	
25	31,48	226,95	409,91	30,81	92,02	
50	33,35	240,47	434,32	38,31	100,17	
100	34,89	251,53	454,30	45,31	106,85	

Sumber: Hasil Perhitungan

Debit banjir rencana yang akan dipakai adalah debit banjir yang mendekati debit banjir yang dihitung dengan metode *passing capacity*. Dari Perhitungan di atas maka debit banjir yang dipakai adalah Metode Hidrograf Sintetik Satuan Gamma I. Untuk perencanaan bangunan pelimpah (*spillway*) digunakan debit banjir dengan periode ulang 100 tahun sebesar 106,85 m³/dt , dan untuk perencanaan bangunan pengelak (*cofferdam*) digunakan debit banjir dengan periode ulang 5 tahun sebesar 65,53 m³/dt.

4.3. Analisis Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air. Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr.F.J. Mock berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran.

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.33 Data Curah Hujan Bulanan Setelah Diurutkan Dari Kecil ke Besar

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	123,9	28,2	25,9	17,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	136,8	131,7	96,3	69,2	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,4	87,1
4	154,7	132,1	127,2	89,1	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,4	156,9
5	172,4	162,4	146,6	134,4	32,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	172,4
6	179,8	185,3	149,5	135,4	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	105,2	226,0
7	200,8	199,0	151,6	136,2	40,2	1,2	0,0	0,6	0,0	10,3	116,7	228,4
8	211,1	231,8	169,0	140,1	48,1	35,9	0,0	1,9	1,5	23,5	144,9	237,1
9	251,6	223,0	239,2	155,5	57,8	56,0	3,5	3,9	7,0	27,9	183,3	250,2
10	256,4	239,6	248,7	170,5	70,5	74,2	13,6	6,3	12,2	37,8	221,3	287,0
11	256,5	263,3	250,1	183,9	75,2	81,4	21,0	6,3	20,8	55,3	231,8	267,6
12	265,1	304,2	253,3	190,0	86,1	100,6	27,7	14,1	22,3	55,4	233,8	324,8
13	275,4	334,3	272,0	206,7	87,9	115,6	33,5	20,0	32,9	86,0	238,7	385,4
14	283,2	353,1	309,5	232,3	133,8	126,4	40,5	20,3	61,0	87,8	260,0	431,6
15	304,2	356,5	510,3	299,8	196,8	129,5	44,6	20,3	67,0	132,5	279,7	444,6
16	333,6	387,7	403,2	302,9	236,2	142,0	66,9	59,4	96,8	163,4	460,8	465,5

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan debit andalan digunakan curah hujan 20 % tak terpenuhi pada data ke-
m dimana :

$$m = 0,20 \times N = 0,20 \times 16 = 3,2 \sim 4 \text{ (N = jumlah data)}$$

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.34 Perhitungan Debit Andalan Dengan Metode F.J. Mock

No.	Uraian	Ket.	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Augs	Sept	Okt	Nov	Des
1	Curah Hujan (mm)	P	155	132	127	89	24	0	0	0	0	0	82	157
2	Hari Hujan	n	8	12	11	7	10	0	0	0	0	0	0	13
3	jumlah hari		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4	Suhu	°C	29.13	25.85	25.32	26.25	26.43	26.12	25.54	26.05	25.61	26.32	26.42	26.73
5	Penyinaran matahari	%	20	43.59	32.81	51.32	49.84	62.71	70.42	75.66	73.88	66.74	56.94	33.05
6	Kelembaban Relatif (h)	%	86.53	86.54	86.51	86.73	86.74	87.32	89.41	85.02	85.73	85.41	84.91	84.03
7	Kecepatan Angin	mm/hari	0.401	0.463	0.367	0.330	0.215	0.272	0.259	0.452	0.351	0.415	0.401	0.283
Evapotranspirasi Potensial														
8	Radiasi Matahari	mm/hari	15.2	15.4	15.2	14.3	13.2	12.5	12.7	13.6	14.7	15.2	15.2	15.1
9	A (slope vapour pressure curve)	mmHg/°F	0.952	0.780	0.780	0.830	0.840	0.830	0.780	0.830	0.780	0.840	0.840	0.880
10	B (radiasi benda hitam)	mm/hari	16.900	16.150	16.000	16.200	16.210	16.200	16.220	16.200	16.000	16.210	16.220	16.500
11	ea (tekanan uap air jenuh)	mmHg	29.500	23.600	23.520	25.300	25.350	25.250	23.560	25.200	23.600	25.310	25.380	16.500
12	ed (tek uap air sebenarnya)	h X ea	25.526	20.423	20.347	21.943	21.989	22.048	21.065	21.425	20.232	21.617	21.550	13.865
13	F1 (T;S)		0.226	0.312	0.268	0.349	0.344	0.396	0.421	0.450	0.436	0.414	0.373	0.277
14	F2(T;h)		1.253	1.730	1.724	1.577	1.577	1.565	1.660	1.640	1.737	1.622	1.631	2.745
15	F3(T;h)		0.307	0.286	0.286	0.288	0.286	0.275	0.225	0.324	0.303	0.314	0.326	0.217
16	Koefisien Refleksi		0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
17	E1		2.747	3.842	3.256	3.990	3.629	3.961	4.282	4.894	5.122	5.034	4.538	3.344
18	E2		0.351	0.852	0.681	0.886	0.865	1.040	1.218	1.281	1.329	1.137	0.999	1.091
19	E3	k=0.5	0.155	0.144	0.144	0.145	0.144	0.138	0.113	0.164	0.153	0.158	0.164	0.109
20	Ep (evapotranspirasi potensial)	(mm/hari)	2.551	3.134	2.719	3.249	2.907	3.059	3.177	3.777	3.946	4.056	3.703	2.362
21	Epm (Ep bulanan)		79.088	87.749	84.276	97.473	90.129	91.780	98.477	117.083	118.376	125.737	111.100	73.220
Evapotranspirasi Terbatas (Et)														
22	expose Surface	%	30	30	30	30	30	40	40	40	50	50	40	30
23	Jumlah hari hujan		8.000	12.000	11.000	7.000	10.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.000
24	DE/Epm		10.000	6.000	7.000	11.000	8.000	24.000	24.000	24.000	30.000	30.000	24.000	5.000
25	DE		1.264	0.410	0.581	1.241	0.710	4.707	4.387	3.690	4.562	4.295	3.888	0.341
26	Ea (Evapotranspirasi actual)		77.824	87.339	83.694	96.231	89.419	87.073	94.090	113.393	113.814	121.442	107.212	72.879
Water Surplus														
27	P-Ea		76.884	44.805	43.541	-7.123	-65.650	-87.073	-94.090	-113.393	-113.814	-121.442	-24.780	84.026
28	SMS (soil moisture storage)		326.884	371.689	415.230	408.107	342.457	255.384	161.294	47.901	0.000	0.000	0.000	84.026
29	SMC 9soil moisture capacity)		250.000	250.000	250.000	242.877	177.227	90.154	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	200.000
30	Soil Storage		0.000	0.000	0.000	7.123	65.650	87.073	94.090	113.393	113.814	121.442	24.780	0.000
31	Water Surplus		76.884	44.805	43.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	84.026
Total Run Off														
32	Koefisien infiltrasi		0.350	0.420	0.400	0.250	0.500	0.500	0.500	0.500	0.470	0.480	0.340	0.290
33	Infiltrasi		26.909	18.818	17.416	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.368
34	Konstanta Resesi Aliran		0.700	0.800	0.750	0.850	0.700	0.900	0.900	0.900	0.900	0.800	0.750	0.850
35	faktor persentasi		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
36	1/2*(1+K)*Infiltrasi		22.873	16.936	15.239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	22.540
37	K X (Gsom)		1,551.519	1,259.513	957.337	826.690	578.683	520.815	468.733	421.860	379.674	303.739	227.804	193.634
38	GS (Groundwater Storage)	2216.455	1,574.392	1,276.450	972.576	826.690	578.683	520.815	468.733	421.860	379.674	303.739	227.804	216.174
39	DGS		22.873	16.936	15.239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	22.540
40	Base Flow		4.036	1.882	2.177	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.828
41	Direct Runoff		49.975	25.987	26.124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	59.658
42	storm run off :		15.471	13.214	12.724	8.911	2.377	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.243	15.690
43	Total Run Off	mm/bulan	69.482	41.083	41.025	8.911	2.377	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.243	77.176
44	catchment area	km2	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690	21.690
45	stream flow	m3/dt	0.404	0.216	0.238	0.050	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.448

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

4.4. Analisis Kebutuhan Air

4.3.1. Analisis Kebutuhan Air Baku

Embung Panohan direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku domestik untuk warga Kecamatan Gunem.

Berdasarkan BPS (Badan Pusat Statistik) jumlah penduduk Kecamatan Gunem pada tahun 2005 berjumlah 106.280 jiwa, dengan pertumbuhan penduduk rata-rata 1.12 % pertahun. Dengan formula penambahan penduduk :

$$P_t = P_o (1 + a)^t \quad \dots\dots\dots (4.20)$$

dimana :

- P_t = Jumlah penduduk t tahun mendatang
 P_o = Jumlah penduduk saat ini
 a = penambahan rata-rata penduduk tiap tahun

Embung direncanakan dapat melayani kebutuhan air baku sampai 20 tahun mendatang yaitu pada tahun 2028. Dengan formula diatas dihitung proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2008 adalah:

$$\begin{aligned} P_o &= 23.831 \text{ jiwa} \\ a &= 1,12 \% \\ P_t &= 23.048 (1 + 0.0112)^{23} \\ P_t &= 29.777 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Jumlah penduduk Kecamatan Gunem pada tahun 2005 adalah 23.048 jiwa, dengan formula penambahan penduduk diperkirakan jumlah penduduk Kecamatan Gunem pada tahun 2028 adalah 29.777 jiwa. Berdasarkan Tabel 2.9 maka Kecamatan Gunem masuk pada Kota kategori IV (Kota kecil).

Berdasarkan Tabel 2.9 diperoleh parameter-parameter untuk menghitung kebutuhan air domestik. Parameter tersebut adalah:

- Konsumsi unit sambungan rumah sebesar 100 l/org/hari
- Faktor kehilangan air sebesar 20%
- Cakupan pelayanan sebesar 90%

Laporan Tugas Akhir

Dari parameter-parameter diatas kebutuhan air baku untuk Kecamatan Gunem, proyeksi penduduk tahun 2028 adalah :

$$\begin{aligned}
 29.777 \times 100 &= 2.977.700 \text{ l/hari} \\
 &= 0,0345 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 \text{Kebutuhan air} &= (0,0345 \times 90\%) + (0,0345 \times 90\% \times 20\%) \\
 &= 0,0372 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

4.3.2. Kebutuhan Air Irigasi

A. Kebutuhan Air Untuk Tanaman

1. Evapotranspirasi

Perhitungan Evapotranspirasi disajikan pada Tabel 4.34 Perhitungan Debit Andalan Dengan Metode F.J. Mock

2. Perkolasi

Daerah layanan irigasi pada peta topografi cenderung datar dengan kemiringan 1%. Berdasarkan tekstur tanah termasuk sedang (lempung kepasiran). Dari pedoman pada dasar teori yang disajikan pada bab II, harga perkolasi untuk perhitungan kebutuhan air di daerah Irigasi diambil sebesar 2 mm/hari.

3. Curah Hujan 20% Kering

Curah Hujan 20% Kering disajikan pada perhitungan debit andalan Tabel 4.33.

4. Koefisien Tanaman (Kc)

Daerah irigasi di Kecamatan Gunem menggunakan padi dengan varietas unggul. Pada perhitungan ini digunakan koefisien tanaman untuk padi dengan varietas unggul mengikuti ketentuan *Nedeco/Prosida*. Harga-harga koefisien tanaman padi dan palawija disajikan pada Tabel 2.13 Koefisien Tanaman Untuk Padi dan Palawija Menurut *Nedeco/Prosida* (Bab II Dasar Teori).

5. Koefisien Curah Hujan Efektif

Besarnya koefisien curah hujan efektif untuk tanaman padi berdasarkan Tabel 2.14.

6. Kebutuhan Air Untuk Pengolahan Lahan

Laporan Tugas Akhir

– Pengolahan Lahan Untuk Palawija

Untuk memudahkan perhitungan angka pengolahan tanah digunakan tabel koefisien *Van De Goor* dan *Zijlstra* pada Tabel 2.16.

– Pengolahan Lahan Untuk Padi

Menurut PSA-010, waktu yang diperlukan untuk pekerjaan penyiapan lahan adalah selama satu bulan (30 hari). Kebutuhan air untuk pengolahan tanah bagi tanaman padi diambil 200 mm, setelah tanam selesai lapisan air di sawah ditambah 50 mm. Jadi kebutuhan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah tanam selesai seluruhnya menjadi 250 mm. Sedangkan untuk lahan yang tidak ditanami (sawah bero) dalam jangka waktu 2,5 bulan diambil 300 mm.

7. Kebutuhan Air Untuk Pertumbuhan

Kebutuhan air untuk pertumbuhan padi dipengaruhi oleh besarnya evapotranspirasi tanaman (Etc), perkolasi tanah (p), penggantian air genangan (W) dan hujan efektif (Re).

Perhitungan angka kebutuhan air untuk tanaman padi disajikan pada Tabel 4.35 dan tanaman palawija Tabel 4.36.

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.35 Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman Padi

KEBUTUHAN TANAMAN PADI			NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT
EVAPOTRANSPIRASI (Eto)			3.574	2.351	2.510	3.119	2.700	3.208	2.884	2.902	3.035	3.658	3.794	3.917
Evaporasi Terbuka (Eo) = 1,1*Eto			3.931	2.586	2.761	3.431	2.970	3.528	3.173	3.193	3.339	4.024	4.173	4.309
PERKOLASI (P)			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eo+P			5.931	4.586	4.761	5.431	4.970	5.528	5.173	5.193	5.339	6.024	6.173	6.309
Rh 20% Kering (mm/hr)			2.748	5.230	5.157	4.405	4.241	2.970	0.792	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Faktor Hujan dengan 2 gol (FH) tiap 2 minggu	1	0.18	0.495	0.941	0.928	0.793	0.763	0.535	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	0.53	1.456	2.772	2.733	2.335	2.248	1.574	0.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	0.55	1.511	2.877	2.836	2.423	2.333	1.634	0.436	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	0.4	1.099	2.092	2.063	1.762	1.696	1.188	0.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	0.4	1.099	2.092	2.063	1.762	1.696	1.188	0.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	6	0.4	1.099	2.092	2.063	1.762	1.696	1.188	0.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	7	0.4	1.099	2.092	2.063	1.762	1.696	1.188	0.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	8	0.2	0.550	1.046	1.031	0.881	0.848	0.594	0.158	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
KOEFSIEN TANAMAN (Kt)	1	1.2	4.717	3.103	3.314	4.117	3.564	4.234	3.808	3.831	4.006	4.828	5.008	5.171
	2	1.27	4.717	3.103	3.314	4.117	3.564	4.234	3.808	3.831	4.006	4.828	5.008	5.171
	3	1.33	5.228	3.439	3.673	4.563	3.950	4.693	4.220	4.246	4.440	5.351	5.550	5.731
	4	1.3	5.110	3.362	3.590	4.461	3.861	4.587	4.125	4.150	4.340	5.231	5.425	5.602
	5	1.15	4.521	2.974	3.176	3.946	3.415	4.058	3.649	3.672	3.839	4.627	4.799	4.956
	6	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PENGOLAHAN TANAH														
Kebutuhan Air 250 mm selama 30 hari														
Minggu I	Lp (tabel Zylstra)		11.600	12.946	12.453	12.817	12.638	12.451	12.696	12.476	12.177	12.375	12.771	13.238
	Lp - Re1		11.105	11.100	11.100	11.300	11.100	11.350	11.200	11.200	11.250	11.600	11.100	11.100
	(Lp - Re1)*0.120		1.333	1.332	1.332	1.356	1.332	1.362	1.344	1.344	1.350	1.392	1.332	1.332
Minggu II	Lp		11.600	12.946	12.453	12.817	12.638	12.451	12.696	12.476	12.177	12.375	12.771	13.238
	Lp - Re2		10.144	10.174	9.720	10.482	10.390	10.877	12.276	12.476	12.177	12.375	12.771	13.238
	(Lp - Re2)*0.120		1.217	1.221	1.166	1.258	1.247	1.305	1.473	1.497	1.461	1.485	1.533	1.589
PERTUMBUHAN														
Kebutuhan Penggantian Air Genangan W = 3.33 mm/hr														
Minggu III	Etc1 - Re3+P+W		8.536	5.557	5.807	7.025	6.561	7.931	8.702	9.161	9.336	10.158	10.338	10.501
	(Etc1 - Re3+P+W)*0.120		1.024	0.667	0.697	0.843	0.787	0.952	1.044	1.099	1.120	1.219	1.241	1.260
Minggu IV	Etc2 - Re4+P+W		8.948	6.341	6.581	7.685	7.197	8.376	8.821	9.161	9.336	10.158	10.338	10.501
	(Etc2 - Re4+P+W)*0.120		1.074	0.761	0.790	0.922	0.864	1.005	1.058	1.099	1.120	1.219	1.241	1.260
Minggu V	Etc3 - Re5+P+W		9.459	6.677	6.940	8.132	7.583	8.835	9.233	9.576	9.770	10.681	10.880	11.061
	(Etc3 - Re5+P+W)*0.120		1.135	0.801	0.833	0.976	0.910	1.060	1.108	1.149	1.172	1.282	1.306	1.327
Minggu VI	Etc4 - Re6+P		6.011	3.270	3.527	4.699	4.164	5.399	5.808	6.150	6.340	7.231	7.425	7.602
	(Etc4 - Re6+P)*0.120		0.721	0.392	0.423	0.564	0.500	0.648	0.697	0.738	0.761	0.868	0.891	0.912
Minggu VII	Etc5 - Re7+P		5.422	2.882	3.113	4.184	3.719	4.870	5.332	5.672	5.839	6.627	6.799	6.956
	(Etc5 - Re7+P)*0.120		0.651	0.346	0.374	0.502	0.446	0.584	0.640	0.681	0.701	0.795	0.816	0.835
Minggu VIII	Etc6 - Re8+P		1.450	0.954	0.969	0.216	0.592	1.406	1.842	0.019	2.000	2.000	2.000	2.000
	(Etc6 - Re8+P)*0.120		0.174	0.114	0.116	0.026	0.071	0.169	0.221	0.002	0.240	0.240	0.240	0.240

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.36 Perhitungan Kebutuhan Air Palawija

Kebutuhan Air Palawija			NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT
EVAPOTRANSPIRASI (Eto)			3.574	2.351	2.510	3.119	2.700	3.208	2.884	2.902	3.035	3.658	3.794	3.917
Eo Crop Bulanan	Eto * (30/31)	mm/bulan	107.212	72.879	77.824	87.339	83.694	96.231	89.419	87.073	94.090	113.393	113.814	121.442
Hujan 20 % kering	R1/5	mm/hr	2.748	5.230	5.157	4.405	4.241	2.970	0.792	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hujan Efektif bulanan	R1/5 * (30/3)	mm/bulan	82	157	155	132	127	89	24	0	0	0	0	0
Faktor Tampung	S		1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020
Hujan Ef Bln Terkoreksi	H.E. Bulanan * S		84.080	160.043	157.802	134.787	129.780	90.890	24.245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Perkolasi	P	mm/hari	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
M = Eo + p	Eto + P	mm/hari	5.119	4.700	5.208	4.884	4.902	5.035	5.658	5.794	5.917	5.574	4.351	4.510
Re terkoreksi	H.E.B. terko	mm/hari	2.712	5.335	5.090	4.348	4.635	2.932	0.808	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
KOEFSIEN TANAMAN Palawija (Kt)	1	0.5	1.787	1.175	1.255	1.560	1.350	1.604	1.442	1.451	1.518	1.829	1.897	1.959
	2	0.59	2.108	1.387	1.481	1.840	1.593	1.893	1.702	1.712	1.791	2.158	2.238	2.311
	3	0.96	3.431	2.257	2.410	2.994	2.592	3.079	2.769	2.786	2.914	3.512	3.642	3.761
	4	1.05	3.752	2.468	2.636	3.275	2.835	3.368	3.029	3.048	3.187	3.841	3.983	4.113
	5	1.02	3.645	2.398	2.561	3.182	2.754	3.272	2.942	2.960	3.096	3.731	3.870	3.996
	6	0.95	3.395	2.233	2.385	2.963	2.565	3.047	2.740	2.757	2.883	3.475	3.604	3.722
Evapotranspirasi Etc = Eto * Kt														
PENGOLAHAN TANAH														
Kebutuhan Air 50 mm selama 15 hari														
Lp			3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
Lp - Re			0.618	-2.005	1.760	-1.018	-1.305	0.398	2.522	3.330	3.330	3.330	3.330	3.330
(Lp - Re)*0.120			0.07413	-0.2406	0.211248	-0.122156	-0.1565996	0.04777	0.30262	0.3996	0.3996	0.3996	0.3996	0.3996
PERTUMBUHAN														
Minggu I	Etc1 - Re		-0.925	-4.159	3.835	-2.788	-3.285	-1.328	0.634	1.451	1.518	1.829	1.897	1.959
	(Etc1 - Re)*0.120		-0.111	-0.499	0.460	-0.335	-0.394	-0.159	0.076	0.174	0.182	0.219	0.228	0.235
Minggu II	Etc2 - Re		-0.604	-3.948	3.609	-2.508	-3.042	-1.039	0.894	1.712	1.791	2.158	2.238	2.311
	(Etc2 - Re)*0.120		-0.072	-0.474	0.433	-0.301	-0.365	-0.125	0.107	0.205	0.215	0.259	0.269	0.277
Minggu III	Etc3 - Re		0.719	-3.078	2.680	-1.353	-2.043	0.147	1.961	2.786	2.914	3.512	3.642	3.761
	(Etc3 - Re)*0.120		0.086	-0.369	0.322	-0.162	-0.245	0.018	0.235	0.334	0.350	0.421	0.437	0.451
Minggu IV	Etc4 - Re		1.040	-2.866	2.454	-1.073	-1.800	0.436	2.221	3.048	3.187	3.841	3.983	4.113
	(Etc4 - Re)*0.120		0.125	-0.344	0.295	-0.129	-0.216	0.052	0.266	0.366	0.382	0.461	0.478	0.494
Minggu V	Etc5 - Re		0.933	-2.937	2.530	-1.166	-1.881	0.340	2.134	2.960	3.096	3.731	3.870	3.996
	(Etc5 - Re)*0.120		0.112	-0.352	0.304	-0.140	-0.226	0.041	0.256	0.355	0.372	0.448	0.464	0.479
Minggu VI	Etc6 - Re		0.683	-3.101	2.705	-1.385	-2.070	0.115	1.932	2.757	2.883	3.475	3.604	3.722
	(Etc6 - Re)*0.120		0.082	-0.372	0.325	-0.166	-0.248	0.014	0.232	0.331	0.346	0.417	0.432	0.447

Sumber: Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

B. Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Suatu daerah irigasi pada umumnya mempunyai pola tanam tertentu, tetapi bila tidak ada pola yang biasa pada daerah tersebut direkomendasikan pola tanaman padi-padi-palawija. Rencana pola dan tata tanam dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta menambah intensitas luas tanam.

Setelah diperoleh kebutuhan air untuk pengolahan lahan dan pertumbuhan, kemudian dicari besarnya kebutuhan air untuk irigasi berdasarkan pola tanam dan rencana tata tanam dari daerah yang bersangkutan.

Rencana pola tanam untuk jaringan Irigasi Embung Panohan adalah sebagai berikut :

Padi (100%) – Padi (100%) – Palawija (100%)

– Masa Tanam Padi I

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Oktober I s/d Oktober II.

Pertumbuhan padi sampai panen mulai November I s/d Januari II.

– Masa Tanam Padi II

Pengolahan tanah dan pembibitan padi mulai Februari I s/d Februari II.

Pertumbuhan padi sampai panen mulai Maret I s/d Mei II.

– Masa Tanam Palawija

Pengolahan tanah palawija mulai Juni I.

Pertumbuhan palawija mulai Juni II s/d September I.

Pengeringan mulai September II s/d Oktober I.

Besarnya efisiensi irigasi tergantung dari besarnya kehilangan air yang terjadi pada saluran pembawa, mulai dari bendung sampai petak sawah. Kehilangan air tersebut disebabkan karena penguapan, perkolasi, kebocoran dan penyadapan liar. Besarnya angka efisiensi tergantung pada penelitian lapangan pada daerah irigasi. Pada perencanaan jaringan irigasi, tingkat efisiensi ditentukan menurut kriteria standar perencanaan yaitu sebagai berikut :

– Kehilangan air pada saluran primer adalah 10 – 15 %, diambil 10%

Faktor koefisien = $100/90 = 1,11$

– Kehilangan air pada saluran sekunder adalah 20 – 25 %, diambil 20%

Faktor koefisien = $100/80 = 1,25$.

Hasil perhitungan pola tanam dapat dilihat pada tabel 4.35.

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.37 Pola Tanam Perhitungan Secara Teoritis

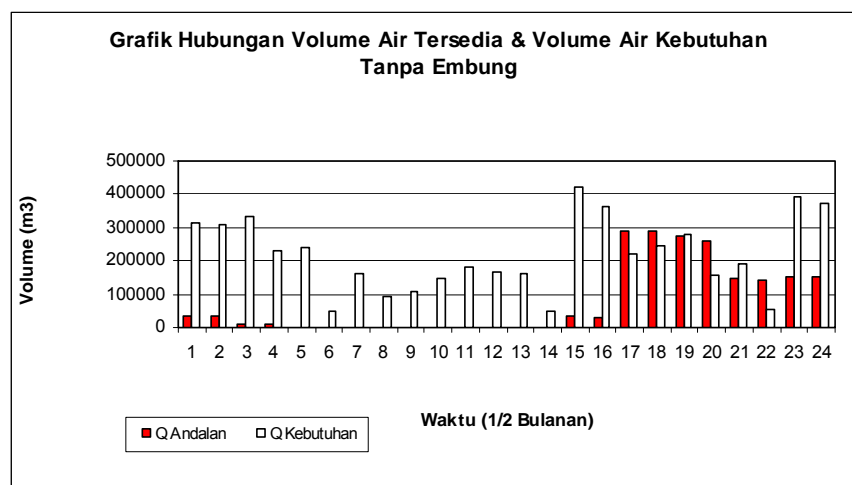
Uraian	Nov		Des		Jan		Feb		Mrt		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Masa Tanam I Padi (100%)	LP	LP	PD-1	PD-1	PD-1	PD-1	PD-1	PD-1																
Masa Tanam II Padi (100%)									LP	LP	PD-2	PD-2	PD-2	PD-2	PD-2	PD-2								
Masa Tanam III Palawija (100%)																LP	PLW	PLW	PLW	PLW	PLW	PLW	PLW	
Kebutuhan Air (lit/det/ha)	1.333	1.217	0.667	0.761	0.833	0.423	0.502	0.026	1.332	1.247	0.952	1.005	1.108	0.697	0.681	0.002	0.400	0.182	0.259	0.421	0.478	0.464	0.447	0.000
S = Sawah	1.333	1.217	0.667	0.761	0.833	0.423	0.502	0.026	1.332	1.247	0.952	1.005	1.108	0.697	0.681	0.002	0.400	0.182	0.259	0.421	0.478	0.464	0.447	0.000
T = Sekunder = S * 1,25	1.666	1.522	0.833	0.951	1.041	0.529	0.628	0.032	1.665	1.559	1.190	1.256	1.385	0.871	0.851	0.003	0.500	0.228	0.324	0.527	0.598	0.580	0.558	0.000
S = Primer = T * 1,11	1.849	1.689	0.925	1.056	1.156	0.587	0.697	0.036	1.848	1.730	1.320	1.395	1.537	0.967	0.944	0.003	0.554	0.253	0.359	0.585	0.663	0.644	0.620	
Luas Areal (Ha)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Q Kebutuhan (m ³ /det)	0.267	0.243	0.133	0.152	0.167	0.085	0.100	0.005	0.266	0.249	0.190	0.201	0.222	0.139	0.136	0.000	0.080	0.036	0.052	0.084	0.096	0.093	0.089	0.000

Sumber: Hasil Perhitungan

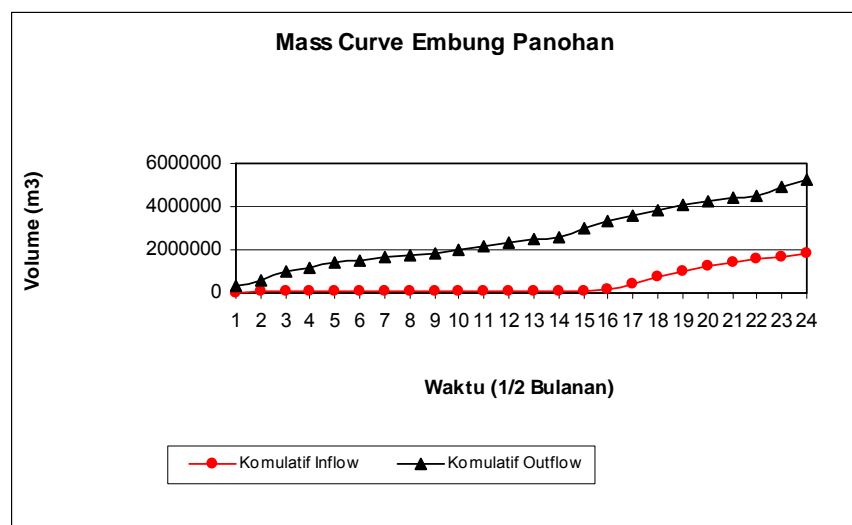
Laporan Tugas Akhir

4.5. Optimasi Tampungan Embung

Bangunan Embung sebagai penyimpan air mempunyai fungsi yang sangat baik dalam mencukupi kebutuhan akan air, khususnya pada saat musim kemarau. Air Sungai Grubugan ini selain direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku dan air irigasi bagi masyarakat Kecamatan Gunem. Dari alternatif lokasi bangunan atau embung yang terbaik, dicari debit air yang tersedia dan kebutuhan air yang diperlukan sehingga dapat dibuat neraca air, dimana nilai kebutuhan dapat dipenuhi dari debit yang tersedia.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Volume Tersedia dan Volume Kebutuhan Air Tanpa Embung



Gambar 4.6 *Mass Curve* Embung Panohan

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.38 Perhitungan Volume Tampungan

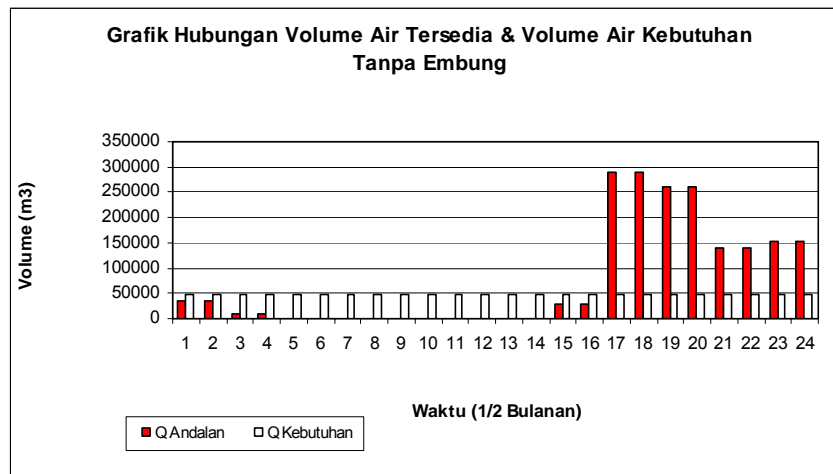
No	Bulan	Periode	Air Irigasi m ³ /dt	Air Baku m ³ /dt	Volume				Selisih	Volume Kumulatif		Selisih Kumulatif
					Kebutuhan Air (Outflow)		Debit Andalan (Inflow)		Inflow - Outflow	Kumulatif Outflow	Kumulatif Inflow	Inflow - Outflow
					m ³ /dt	m ³	m ³ /dt	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	April	I	0,19	0,0372	0,2275	314541,21	0,0250	34560,00	-279981,21	314541,21	34560,00	-279981,21
2		II	0,20	0,0372	0,2382	308740,45	0,0250	32400,00	-276340,45	623281,66	66960,00	-556321,66
3	Mei	I	0,22	0,0372	0,2588	335397,32	0,0070	9072,00	-326325,32	958678,98	76032,00	-882646,98
4		II	0,14	0,0372	0,1766	228860,26	0,0070	9072,00	-219788,26	1187539,23	85104,00	-1102435,23
5	Juni	I	0,14	0,0372	0,1733	239594,71	0,0000	0,00	-239594,71	1427133,94	85104,00	-1342029,94
6		II	0,00	0,0372	0,0377	48802,18	0,0000	0,00	-48802,18	1475936,12	85104,00	-1390832,12
7	Juli	I	0,08	0,0372	0,1171	161906,69	0,0000	0,00	-161906,69	1637842,80	85104,00	-1552738,80
8		II	0,04	0,0372	0,0736	95414,04	0,0000	0,00	-95414,04	1733256,85	85104,00	-1648152,85
9	Agustus	I	0,05	0,0372	0,0890	107648,27	0,0000	0,00	-107648,27	1840905,12	85104,00	-1755801,12
10		II	0,08	0,0372	0,1215	146937,98	0,0000	0,00	-146937,98	1987843,10	85104,00	-1902739,10
11	September	I	0,10	0,0372	0,1328	183587,78	0,0000	0,00	-183587,78	2171430,88	85104,00	-2086326,88
12		II	0,09	0,0372	0,1301	168573,47	0,0000	0,00	-168573,47	2340004,35	85104,00	-2254900,35
13	Oktober	I	0,09	0,0372	0,1265	163968,00	0,0000	0,00	-163968,00	2503972,35	85104,00	-2418868,35
14		II	0,00	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	-48211,20	2552183,55	85104,00	-2467079,55
15	November	I	0,27	0,0372	0,3037	419876,10	0,0232	32071,68	-387804,42	2972059,65	117175,68	-2854883,97
16		II	0,24	0,0372	0,2806	363721,00	0,0232	30067,20	-333653,80	3335780,65	147242,88	-3188537,77
17	Desember	I	0,13	0,0372	0,1706	221044,88	0,2237	289915,20	68870,32	3556825,53	437158,08	-3119667,45
18		II	0,15	0,0372	0,1894	245446,67	0,2237	289915,20	44468,53	3802272,20	727073,28	-3075198,92
19	Januari	I	0,17	0,0372	0,2038	281678,13	0,2002	276756,48	-4921,65	4083950,34	1003829,76	-3080120,58
20		II	0,08	0,0372	0,1219	157920,13	0,2002	259459,20	101539,07	4241870,46	1263288,96	-2978581,50
21	Februari	I	0,10	0,0372	0,1376	190238,05	0,1080	149299,20	-40938,85	4432108,51	1412588,16	-3019520,35
22		II	0,01	0,0372	0,0424	54929,66	0,1080	139968,00	85038,34	4487038,18	1552556,16	-2934482,02
23	Maret	I	0,27	0,0372	0,3036	393465,60	0,1190	154224,00	-239241,60	4880503,78	1706780,16	-3173723,62
24		II	0,25	0,0372	0,2866	371387,30	0,1190	154224,00	-217163,30	5251891,08	1861004,16	-217163,30

Sumber : Hasil Perhitungan

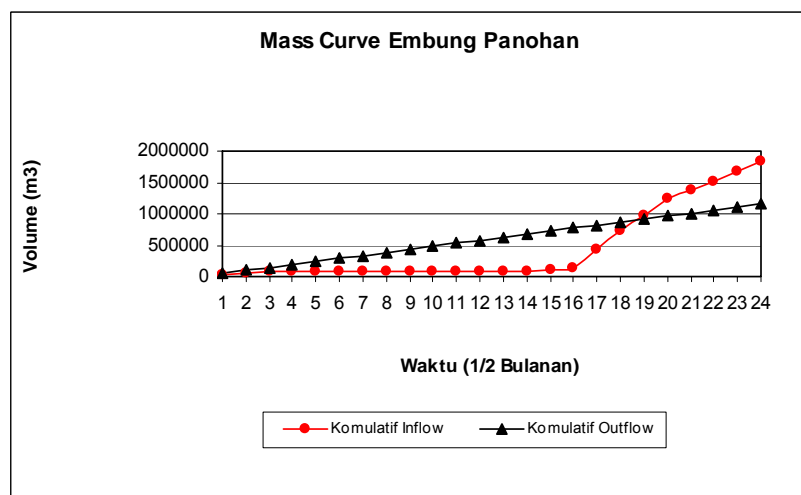
Laporan Tugas Akhir

Dari grafik *Mass Curve* Kumulatif Inflow dan Kumulatif *Outflow* dapat diketahui bahwa debit andalan tidak dapat memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku untuk air bersih untuk Kecamatan Gunem.

Dari analisis diatas maka embung akan direncanakan hanya untuk memenuhi kebutuhan air baku untuk air bersih. Berikut ini akan dilakukan perhitungan neraca air perencanaan Embung Panohan untuk memenuhi kebutuhan air baku untuk air bersih.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Volume Tersedia dan Volume Kebutuhan Air Bersih Tanpa Embung



Gambar 4.8 *Mass Curve* Embung Panohan Berdasarkan Kebutuhan Air Bersih

Laporan Tugas Akhir

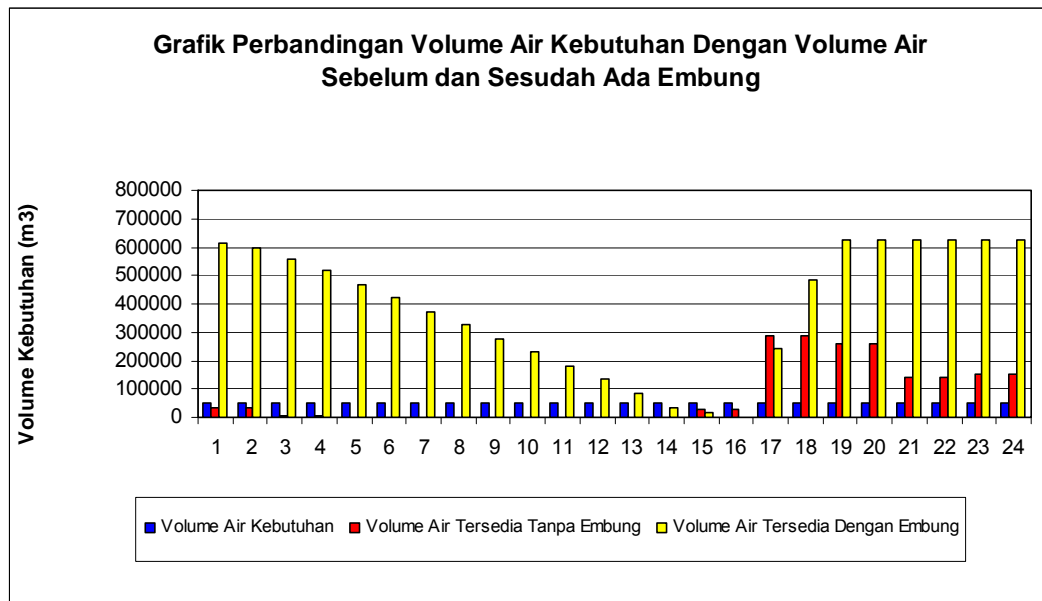
Tabel 4.40 Perhitungan Volume Tampung Dengan Kebutuhan Air Baku Untuk Air Bersih

No	Bulan	Periode	Air Baku m ³ /dt	Volume				Selisih	Volume Kumulatif		Selisih Kumulatif
				Kebutuhan Air (Outflow)		Debit Andalan (Inflow)		Inflow - Outflow	Kumulatif Outflow	Kumulatif Inflow	Inflow - Outflow
				m ³ /dt	m ³	m ³ /dt	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	April	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,03	32.400,00	-15.811,20	48.211,20	32.400,00	-15.811,20
2		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,03	32.400,00	-15.811,20	96.422,40	64.800,00	-31.622,40
3	Mei	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,01	9.072,00	-39.139,20	144.633,60	73.872,00	-70.761,60
4		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,01	9.072,00	-39.139,20	192.844,80	82.944,00	-109.900,80
5	Juni	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	241.056,00	82.944,00	-158.112,00
6		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	289.267,20	82.944,00	-206.323,20
7	Juli	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	337.478,40	82.944,00	-254.534,40
8		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	385.689,60	82.944,00	-302.745,60
9	Agustus	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	433.900,80	82.944,00	-350.956,80
10		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	482.112,00	82.944,00	-399.168,00
11	September	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	530.323,20	82.944,00	-447.379,20
12		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	578.534,40	82.944,00	-495.590,40
13	Oktober	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	626.745,60	82.944,00	-543.801,60
14		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,00	0,00	-48.211,20	674.956,80	82.944,00	-592.012,80
15	November	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,02	30.067,20	-18.144,00	723.168,00	113.011,20	-610.156,80
16		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,02	30.067,20	-18.144,00	771.379,20	143.078,40	-627.052,34
17	Desember	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,22	289.915,20	241.704,00	819.590,40	432.993,60	-386.596,80
18		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,22	289.915,20	241.704,00	867.801,60	722.908,80	-144.892,80
19	Januari	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,20	259.459,20	211.248,00	916.012,80	982.368,00	66.355,20
20		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,20	259.459,20	211.248,00	964.224,00	1.241.827,20	277.603,20
21	Febuari	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,11	139.968,00	91.756,80	1.012.435,20	1.381.795,20	369.360,00
22		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,11	139.968,00	91.756,80	1.060.646,40	1.521.763,20	461.116,80
23	Maret	I	0,0372	0,0372	48.211,20	0,12	154.224,00	106.012,80	1.108.857,60	1.675.987,20	567.129,60
24		II	0,0372	0,0372	48.211,20	0,12	154.224,00	106.012,80	1.157.068,80	1.830.211,20	673.142,40

Sumber : Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

Dari grafik *Mass Curve* Kumulatif Inflow dan Kumulatif *Outflow* dapat diketahui puncak kekurangan air terjadi pada bulan Oktober sebesar waktu setengah bulanan ke-16 yaitu pada bulan November periode II. Berdasarkan Tabel 4.40 kekurangan air pada waktu tersebut sebesar 627.052,34 m³. Nilai ini merupakan volume tampungan tampungan hidup (*life storage*) efektif Embung Panohan.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Volume Kebutuhan Air Bersih Dengan Volume Air Sebelum dan Sesudah Ada Embung

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.41 Ketersediaan Air Setelah Ada Embung Untuk Kebutuhan Air Bersih

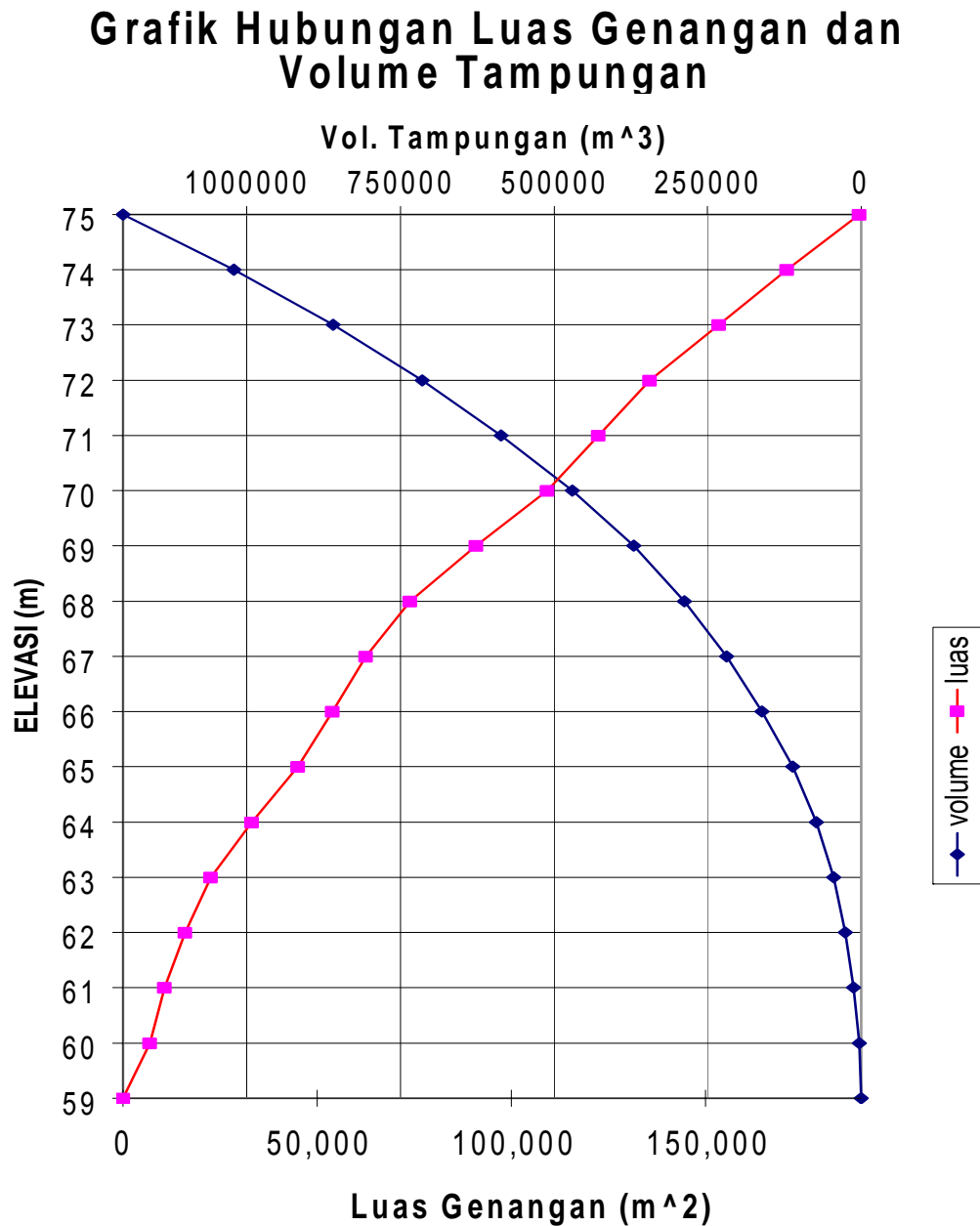
No	Bulan	Periode	Air Baku m ³ /dt	Volume					Volume air pada	
				Kebutuhan Air (Outflow)		Debit Andalan (Inflow)		Volume Tampung Efektif	tampung embung	
				m ³ /dt	m ³	m ³ /dt	m ³	m ³	m ³	
1	Mei	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0260	33696,00	627112,70	612597,50	
2		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0260	33696,00	627112,70	598082,30	
3	Juni	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0065	8424,00	627112,70	558295,10	
4		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0065	8424,00	627112,70	518507,90	
5	Juli	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	470296,70	
6		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	422085,50	
7	Agustus	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	374774,30	
8		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	327463,10	
9	September	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	280151,90	
10		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	232840,70	
11	Oktober	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	185529,50	
12		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	138218,30	
13	November	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	90907,10	
14		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0000	0,00	627112,70	43595,90	
15	Desember	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,0232	30067,20	627112,70	26351,90	
16		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,0232	30067,20	627112,70	8207,90	
17	Januari	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,2237	289915,20	627112,70	249911,90	
18		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,2237	289915,20	627112,70	491615,90	
19	Febuari	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,2001	259329,60	627112,70	627112,70	
20		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,2001	259329,60	627112,70	627112,70	
21	Maret	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,1070	138672,00	627112,70	627112,70	
22		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,1070	138672,00	627112,70	627112,70	
23	April	I	0,0372	0,0372	48211,20	0,1185	153576,00	627112,70	627112,70	
24		II	0,0372	0,0372	48211,20	0,1185	153576,00	627112,70	627112,70	

Sumber : Hasil Perhitungan

Laporan Tugas Akhir

4.6. Grafik Hubungan Luas Genangan dan Volume Tampungan

Grafik hubungan luas genangan digunakan untuk mencari elevasi dan luas genangan dari sebuah volume tampungan embung.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Luas Genangan dan Volume Tampungan