

BAB IV

ANALISIS HIDROLOGI

4.1 Tinjauan Umum

Dalam merencanakan Embung Pusporenggo ini, sebagai langkah awal dilakukan pengumpulan data. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan stabilitas maupun perencanaan teknis. Dari data curah hujan yang diperoleh, dilakukan analisis hidrologi yang menghasilkan debit banjir rencana, yang kemudian diolah lagi untuk mencari besarnya *flood routing* yang hasilnya digunakan untuk menentukan elevasi mercu *spillway*. Analisis hidrologi untuk perencanaan embung meliputi empat hal, yaitu :

- a. Aliran masuk (*inflow*) yang mengisi embung.
- b. Banjir rencana untuk menentukan kapasitas dan dimensi bangunan pelimpah (*spillway*).
- c. Tampungan embung.
- d. Aliran keluar (*outflow*) untuk menentukan bangunan pengambilan.

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1993) :

- a. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
- b. Menentukan luas daerah pengaruh stasiun-stasiun penakar hujan dengan Metode Poligon Thiessen.
- c. Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
- d. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana.
- f. Menghitung debit andalan untuk keperluan irigasi dan air baku.
- g. Menghitung kebutuhan air di sawah yang dibutuhkan untuk tanaman.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

- h. Menghitung neraca air yang merupakan perbandingan antara debit air yang tersedia dengan debit air yang dibutuhkan untuk keperluan irigasi dan air baku.

4.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sebelum menentukan daerah aliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi bangunan air (Embung) yang akan direncanakan. Dari lokasi ini ke arah hulu, kemudian ditentukan batas daerah aliran sungai dengan menarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kontur tertinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau (Soemarto, 1999).

Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) pada daerah Pembangunan Embung Pusporenggo dilakukan berdasar pada peta rupa bumi skala I : 25.000 yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL Tahun 2000. Perhitungan luasan DAS ini diukur dengan menggunakan alat planimeter. Luas DAS Perencanaan Embung Pusporenggo dapat dilihat pada Gambar 4.1.

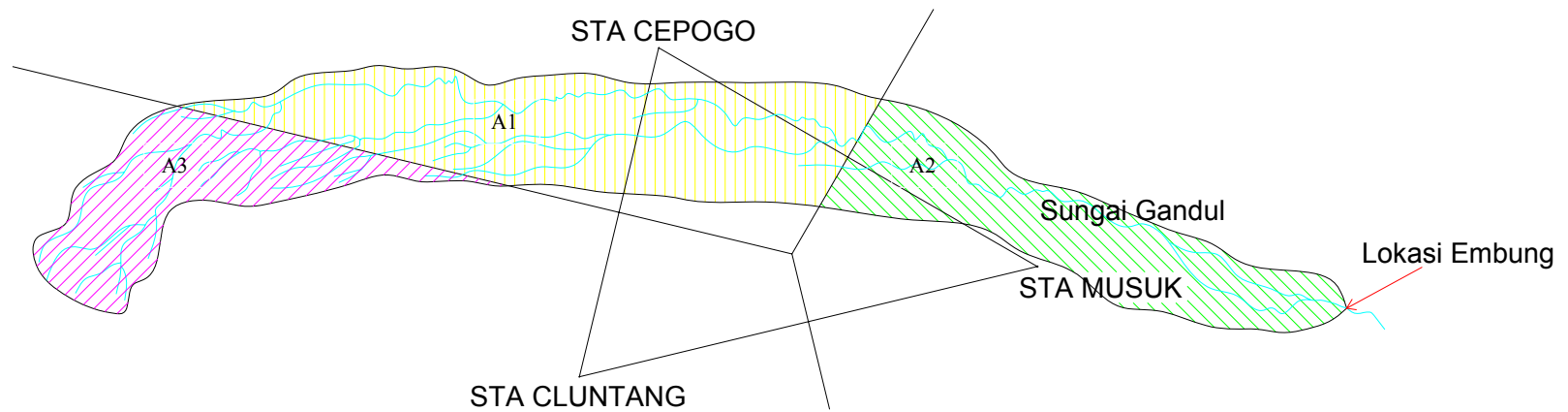
4.3 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Adapun jumlah stasiun yang masuk di lokasi DAS Sungai Gandul berjumlah tiga buah stasiun yaitu Sta. Cepogo (No. Sta 09012a), Sta. Musuk (No. Sta 09013a) dan Sta. Cluntang (No. Sta. 09013b). Penentuan luas pengaruh stasiun hujan dengan Metode Thiessen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat. Dari tiga stasiun tersebut masing-masing dihubungkan untuk memperoleh luas daerah pengaruh dari tiap stasiun. Di mana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS

No Sta	Nama Stasiun Hujan	Poligon Thiessen Faktor	
		Prosentase (%)	Luas DAS (km ²)
09012a	Cepogo	45,473	10,804
09013a	Musuk	29,315	6,965
09013b	Cluntang	25,212	5,99
Jumlah		100	23,759

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI



Keterangan :
A1 = Luasan DAS akibat pengaruh Sta Cepogo yaitu sebesar 10,804 km²
A2 = Luasan DAS akibat pengaruh Sta Musuk yaitu sebesar 6,965 km²
A3 = Luasan DAS akibat pengaruh Sta Cluntang yaitu sebesar 5,99 km²

Gambar 4.1 Luas DAS Dengan Metode Poligon Thiessen

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

4.4 Analisis Curah Hujan

4.4.1 Ketersediaan Data Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan direncanakan selama 14 tahun sejak Tahun 1993 hingga Tahun 2006. Data hujan harian maksimum masing-masing stasiun ditampilkan pada Tabel 4.2 s/d Tabel 4.4. Data curah hujan harian maksimum ini didapat dari curah hujan harian dalam satu tahun yang terbesar di ketiga stasiun tersebut.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Cluntang

(Sumber : BMG Jateng Stasiun Klimatologi Semarang)

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
1993	29	77	40	71	66	5	0	4	4	10	38	61	405	77
1994	91	76	91	12	28	0	0	0	0	30	92	94	514	94
1995	62	51	67	46	11	83	2	0	0	65	66	70	523	83
1996	97	136	106	17	12	0	11	2	0	82	105	78	646	136
1997	52	51	6	9	32	0	0	0	0	0	8	25	183	52
1998	68	33	48	78	102	54	25	39	25	46	102	107	727	107
1999	122	74	125	130	46	0	0	0	0	22	53	45	617	130
2000	125	37	26	37	23	0	0	12	25	49	155	130	619	155
2001	75	39	85	83	0	77	72	0	0	79	75	77	662	85
2002	72	75	47	67	0	0	0	0	0	0	85	129	475	129
2003	85	86	110	106	95	5	0	0	0	75	105	113	780	113
2004	75	75	75	50	80	0	56	0	0	0	0	0	411	80
2005														
2006														

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Cepogo

(Sumber : BMG Jateng Stasiun Klimatologi Semarang)

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
1993	56	108	90	84	84	45	0	15	15	10	106	70	683	108
1994	24	64	106	60	18	9	0	0	0	0	90	54	425	106
1995	70	77	66	60	48	75	30	5	0	76	76	27	610	77
1996	63	56	138	70	106	18	42	18	0	118	118	29	776	138
1997	69	72	0	0	0	13	0	0	0	57	42	57	310	72
1998	87	111	94	94	29	40	70	39	25	46	105	214	954	214
1999	104	102	107	107	126	39	4	0	0	90	93	97	869	126
2000	134	100	101	101	65	46	0	78	113	154	161	61	1114	161
2001	80	37	65	65	46	32	21	1	0	97	65	73	582	97
2002	74	70	76	76	87	12	3	0	0	0	137	120	655	137
2003	119	119	124	124	37	0	0	0	0	83	71	119	796	124
2004	118	52	141	141	60	30	0	0	0	0	0	0	542	141
2005	55	85	75	10	40	41	0	0	20	16	20	57	419	85
2006	95	104	80	0	42	35	0	0	0	12	70	62	500	104

Tabel 4.4 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Musuk

(Sumber : BMG Jateng Stasiun Klimatologi Semarang)

Tahun	Bulan Dalam Setahun												Rh Total (mm)	Rh Max (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
1993	48	59	54	50	56	28	0	8	4	3	65	65	440	65
1994	50	59	65	17	6	13	0	0	0	0	64	65	339	65
1995	68	54	68	66	59	60	36	4	0	69	68	68	620	69
1996	85	78	98	40	102	16	33	5	0	128	134	64	783	134
1997	39	65	16	30	69	0	0	0	0	19	32	35	305	69
1998	56	78	70	71	60	78	68	28	70	75	70	74	798	78
1999	12	49	58	70	95	55	2	5	4	70	80	80	580	95
2000	26	85	86	78	14	18	4	9	65	75	78	55	593	86
2001	46	24	64	20	6	30	19	2	6	60	65	66	408	66
2002	35	15	18	78	22	8	4	0	0	0	94	48	322	94
2003	58	55	70	100	105	6	0	0	0	19	25	105	543	105
2004	78	76	84	48	60	6	83	3	0	0	0	0	438	84
2005	55	25	100	68	0	100	85	0	50	50	75	150	758	150
2006	41	62	100	50	10	0	0	0	0	0	45	70	378	100

4.4.2 Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang

Untuk melengkapi data curah hujan yang hilang atau rusak dari suatu stasiun hujan, maka diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap dan usahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang datanya hilang atau rusak tersebut. Untuk perhitungan data curah hujan yang hilang menggunakan rumus pada Persamaan 2.5 Bab II.

1. Menghitung curah hujan pada Sta Cluntang (R_{cl}) tahun 2005

- Curah hujan Sta Cepogo tahun 2005 (R_{cp}) = 85 mm
- Rata-rata curah hujan Sta Cepogo ($\overline{R_{cp}}$) = 120 mm
- Curah hujan sta musuk tahun 2005 (R_{ms}) = 150 mm
- Rata-rata curah hujan Sta Musuk ($\overline{R_{ms}}$) = 90 mm
- Rata-rata curah hujan Sta Cluntang ($\overline{R_{cl}}$) = 103 mm

$$R_{cl} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\overline{R_{cl}}}{R_{cp}} R_{cp} \right) + \left(\frac{\overline{R_{cl}}}{R_{ms}} R_{ms} \right) \right\}$$

$$R_{cl} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{103}{120} * 85 \right) + \left(\frac{103}{90} * 150 \right) \right\}$$

$$R_{cl} = 86mm$$

2. Menghitung curah hujan sta Cluntang (R_{cl}) tahun 2006

- Curah hujan Sta Cepogo tahun 2006 (R_{cp}) = 104 mm
- Rata-rata curah hujan Sta Cepogo ($\overline{R_{cp}}$) = 120 mm
- Curah hujan Sta Musuk tahun 2006 (R_{ms}) = 100 mm
- Rata-rata curah hujan Sta Musuk ($\overline{R_{ms}}$) = 90 mm
- Rata-rata curah hujan Sta Cluntang ($\overline{R_{cl}}$) = 103 mm

$$R_{cl} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\overline{R_{cl}}}{R_{cp}} R_{cp} \right) + \left(\frac{\overline{R_{cl}}}{R_{ms}} R_{ms} \right) \right\}$$

$$R_{cl} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{103}{120} * 104 \right) + \left(\frac{103}{90} * 100 \right) \right\}$$

$$R_{cl} = 77mm$$

Tabel 4.5 Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Sta Cepogo (mm)	Sta Musuk (mm)	Sta Cluntang (mm)
1993	108	65	77
1994	106	65	94
1995	77	69	83
1996	138	134	136
1997	72	69	52
1998	214	78	107
1999	126	95	130
2000	161	86	155
2001	97	66	85
2002	137	94	129
2003	124	105	113
2004	141	84	80
2005	85	150	86
2006	104	100	77

4.4.3 Analisis Curah Hujan Area

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (*catchment area*) tersebut, yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum yang didapat dari tiga stasiun penakar hujan yaitu Sta Cepogo, Sta Musuk dan Sta Cluntang.

Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Poligon Thiessen seperti Persamaan 2.3 Bab II sebagai berikut (Soemarto, 1999).

Persamaan :

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

di mana :

\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 polygon 1,2,.....,n (km²)

Dari ketiga curah hujan rata – rata stasiun dibandingkan, yang nilai curah hujan rata – ratanya maksimum diambil sebagai curah hujan areal DAS Sungai Gandul. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Perhitungan Curah Hujan Rencana Dengan Metode Poligon Thiessen

Tahun	Rh Max Sta Cepogo (A ₁ = 10,804 km ²)	Rh Max Sta Musuk (A ₂ = 6,965 km ²)	Rh Max Sta Cluntang (A ₃ = 5,99 km ²)	Rh Rencana (dlm mm)
1993	108	65	77	88
1994	106	65	94	91
1995	77	69	83	76
1996	138	134	136	136
1997	72	69	52	66
1998	214	78	107	147
1999	126	95	130	118
2000	161	86	155	138
2001	97	66	85	85
2002	137	94	129	122
2003	124	105	113	116
2004	141	84	80	109
2005	85	150	86	104
2006	104	100	77	96

4.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan curah hujan rata-rata maksimum dengan Metode Poligon Thiessen di atas perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan bulanan maksimum guna menentukan debit banjir rencana.

4.5.1 Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran dispersi yakni melalui perhitungan parameter statistik untuk $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$, $(X_i - X)^4$ terlebih dahulu.

di mana :

X_i = Besarnya curah hujan daerah (mm)

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

Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Parameter Statistik

No	Tahun	Rh (Xi)	Rh Rata2 (\bar{X})	$(Xi - \bar{X})$	$(Xi - \bar{X})^2$	$(Xi - \bar{X})^3$	$(Xi - \bar{X})^4$
1	1993	88	107	-19	345	-6405	118955
2	1994	91	107	-16	242	-3776	58791
3	1995	76	107	-31	935	-28572	873500
4	1996	136	107	29	866	25486	750027
5	1997	66	107	-41	1646	-66782	2709450
6	1998	147	107	40	1634	66079	2671490
7	1999	118	107	11	131	1493	17060
8	2000	138	107	31	988	31044	975660
9	2001	85	107	-22	465	-10038	216529
10	2002	122	107	15	238	3673	56663
11	2003	116	107	9	89	838	7903
12	2004	109	107	2	6	14	35
13	2005	104	107	-3	7	-17	44
14	2006	96	107	-11	112	-1181	12489
Jumlah		1492		0,0	7703	11856	8468596

Macam pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut :

1. Deviasi standar (Sd)

Perhitungan deviasi standar menggunakan Persamaan 2.6 pada Bab II (Soemarto, 1999).

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

di mana :

Sd = Deviasi standar

X_i = Nilai variat ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata variat

n = Jumlah data

$$Sd = \sqrt{\frac{7703}{14 - 1}}$$

$$Sd = 24,342$$

2. Koefisien skewness (Cs)

Perhitungan koefisien skewness digunakan Persamaan 2.8 pada Bab II (Soemarto, 1999).

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

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

$$C_s = \frac{14 * 11856}{(14 - 1)(14 - 2) * 24,342^3}$$

$$C_s = 0,073$$

3. Pengukuran kurtosis (Ck)

Perhitungan kurtosis menggunakan Persamaan 2.9 Bab II (Soemarto, 1999).

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(X_i) - \bar{X}\}^4}{Sd^4}$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{14} * 8468596}{24,342^4}$$

$$C_k = 1,723$$

4. Koefisien variasi (Cv)

Perhitungan koefisien variasi menggunakan Persamaan 2.7 pada Bab II (Soemarto, 1999).

$$C_v = \frac{Sd}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{24,342}{107}$$

$$C_v = 0,227$$

4.5.2 Analisis Jenis Sebaran

4.5.2.1 Metode Gumbel Tipe I

Mengitung curah hujan dengan Pers. 2.10 dan Pers. 2.12 Bab II yaitu :

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

di mana :

$$\bar{X} = 107$$

$$Y_n = 0,5100 \text{ (lihat Tabel 2.1)}$$

$$Sd = 24,342$$

$$S_n = 1,0095 \text{ (lihat Tabel 2.2)}$$

$$Y_t = -\ln \left[\ln \frac{T-1}{T} \right] \text{ (lihat Tabel 2.3)}$$

Tabel 4.8 Distribusi Sebaran Metode Gumbel Tipe I

No	Periode	\bar{X}	Sd	Sn	Yn	Yt	Xt
1	2	107	24,342	1,0095	0,51	0,3665	103,540
2	5	107	24,342	1,0095	0,51	1,4999	130,869
3	10	107	24,342	1,0095	0,51	2,2502	148,961
4	25	107	24,342	1,0095	0,51	3,1985	171,828
5	50	107	24,342	1,0095	0,51	3,9019	188,789
6	100	107	24,342	1,0095	0,51	4,6001	205,624
7	200	107	24,342	1,0095	0,51	5,296	222,404
8	1000	107	24,342	1,0095	0,51	6,919	261,540

4.5.2.2 Metode Log Person Tipe III

Menghitung curah hujan dengan Pers. 2.13 s/d Pers. 2.19 Bab II yaitu :

$$Y = \bar{Y} + k.S$$

Tabel 4.9 Distribusi Frekuensi Metode Log Person Tipe III

Tahun	X	log X	$\overline{\log X}$	$\log X - \overline{\log X}$	$(\log X - \overline{\log X})^2$	$(\log X - \overline{\log X})^3$
1993	88	1,945	2,017	-0,072	0,0052	-0,00038
1994	91	1,959	2,017	-0,058	0,0033	-0,00019
1995	76	1,881	2,017	-0,136	0,0184	-0,00251
1996	136	2,134	2,017	0,117	0,0137	0,00160
1997	66	1,820	2,017	-0,197	0,0389	-0,00766
1998	147	2,167	2,017	0,151	0,0227	0,00342
1999	118	2,072	2,017	0,055	0,0030	0,00017
2000	138	2,140	2,017	0,123	0,0152	0,00187
2001	85	1,929	2,017	-0,087	0,0076	-0,00066
2002	122	2,086	2,017	0,070	0,0049	0,00034
2003	116	2,065	2,017	0,048	0,0023	0,00011
2004	109	2,037	2,017	0,021	0,0004	0,00001
2005	104	2,017	2,017	0,000	0,0000	0,00000
2006	96	1,982	2,017	-0,035	0,0012	-0,00004
Jumlah	28,233			0,000	0,1368	-0,00393

$$Y = \bar{Y} + k.S \text{ sehingga persamaan menjadi } \log X = \overline{\log(X)} + k(Sd \log(X))$$

di mana : Y = nilai logaritma dari x

$$\bar{Y} = \text{rata - rata hitung nilai Y atau } \overline{\log(X)} = \frac{\sum \log(X)}{n} = 2,017$$

Sd = deviasi standar menjadi

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

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

$$= 0,1026$$

Nilai kemecengan

$$CS = \frac{n \sum (\log(X) - \overline{\log(X)})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{Sd \log(X)})^3} = -0,3266 \text{ didapat k dari (Tabel 2.4)}$$

Tabel 4.10 Distribusi Sebaran Metode Log Person Tipe III

No	Periode	$\overline{\log X}$	$\overline{Sd \log X}$	Cs	k	$\gamma = \overline{\log X} + k \overline{Sd \log X}$	$X=10^{\gamma}$
1	2	2,017	0,1026	-0,3266	0,054256	2,022566	105,333
2	5	2,017	0,1026	-0,3266	0,853532	2,104555	127,220
3	10	2,017	0,1026	-0,3266	1,241276	2,144330	139,422
4	25	2,017	0,1026	-0,3266	1,633158	2,184529	152,943
5	50	2,017	0,1026	-0,3266	1,874838	2,209320	161,927
6	100	2,017	0,1026	-0,3266	2,08405	2,230781	170,130
7	200	2,017	0,1026	-0,3266	2,269262	2,249780	177,738
8	1000	2,017	0,1026	-0,3266	2,63909	2,287717	193,962

4.5.2.3 Metode Log Normal

Menghitung curah hujan menggunakan Persamaan 2.20 Bab II yaitu :

$$X_t = \bar{X} + Kt * Sd$$

Tabel 4.11 Distribusi Sebaran Metode Log Normal

No	Periode	Xrt	Sd	kt	Xt
1	2	107	24,342	-0,037547	106,086
2	5	107	24,342	0,8879225	128,614
3	10	107	24,342	0,301901	114,349
4	20	107	24,342	1,6193475	146,418
5	50	107	24,342	2,1740915	159,922
6	100	107	24,342	2,494453	167,720

Hasil perhitungan curah hujan rencana semua metode seperti ditunjukkan pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana

No	Periode	Metode Gumbel	Metode Log Person III	Metode Log Normal
1	2	103,540	105,333	106,086
2	5	130,869	127,220	128,614
3	10	148,961	139,422	114,349
4	25	171,828	152,943	146,418
5	50	188,789	161,927	159,922
6	100	205,624	170,130	167,720
7	200	222,404	177,738	-
8	1000	261,540	193,962	-

Tabel 4.13 menunjukkan beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan suatu metode distribusi. Dari tabel tersebut ditunjukkan beberapa nilai Cs dan Ck yang menjadi persyaratan dari penggunaan tiga jenis metode distribusi.

Tabel 4.13 Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Metode Gumbel I	$Ck \leq 5,4002$	Ck = 1,723	Memenuhi
		$Cs \leq 1,139$	Cs = 0,073	Memenuhi
2	Metode Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3$		
		= 0,6927	Cs = 0,227	Memenuhi
		Ck = 0	Ck = 1,723	Tidak Memenuhi
3	Metode Log Person III	$Cs \neq 0$	Cs = -0,3266	Memenuhi
		$Ck = 1,5 Cs (\ln X)^2 + 3$	Ck = 1,723	Tidak Memenuhi
		= 3,001		

Dari keempat metode yang digunakan di atas yang paling mendekati adalah sebaran Metode Gumbel Tipe I dengan nilai Cs = 0,073 mendekati persyaratan $Cs \leq 1,139$ dan nilai Ck = 1,723 yang mendekati persyaratan $Ck \leq 5,4002$. Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan beberapa metode. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukan distribusinya dapat diterima atau tidak.

4.5.3 Pengujian Keselarasan Sebaran

4.5.3.1 Uji Sebaran Dengan Chi Kuadrat

Untuk menguji keselarasan sebaran Metode Gumbel Tipe I, digunakan Uji Sebaran Chi Kuadrat (*Chi Square Test*) (Soewarno, 1995). Digunakan Persamaan 2.21 dan Persamaan 2.22 Bab II sebagai berikut :

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

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

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \log n \\ &= 1 + 3,322 \log 14 \\ &= 4,807 \approx 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DK &= K - (1 + 1) \\ DK &= 5 - (1 + 1) \\ &= 3 \end{aligned}$$

$$E_i = \frac{n}{K} = \frac{14}{5} = 2,8$$

$$\begin{aligned} \Delta X &= (X_{maks} - X_{min}) / (K - 1) \\ &= (147 - 66) / (5 - 1) = 20,25 \approx 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{awal} &= X_{min} - \frac{1}{2} \Delta X \\ &= 66 - (0,5 * 20) = 56 \end{aligned}$$

K = Jumlah kelas

n = Jumlah data

DK = Derajat kebebasan

Nilai f^2 cr dicari pada Tabel 2.7 dengan menggunakan nilai DK=3 dan Derajat Kepercayaan 5%, lalu dibandingkan dengan nilai f^2 hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Syarat yang harus dipenuhi yaitu f^2 hitungan < f^2 cr (Soewarno, 1995).

Tabel 4.14 Uji Keselarasan Sebaran Dengan Chi Kuadrat

No	Probabilitas (%)	Jumlah Data		O _i - E _i	f ₂ = ((O _i - E _i) ²)/E _i
		O _i	E _i		
1	56 < x < 76	1	2,8	-1,8	1,16
2	76 < x < 96	6	2,8	3,2	3,66
3	96 < x < 116	1	2,8	-1,8	1,16
4	116 < x < 136	3	2,8	0,2	0,01
5	x > 136	3	2,8	0,2	0,01
		14	14		6,00

$$\text{Derajat Signifikasi } (\alpha) = 5\%$$

$$f^2 \text{ hasil hitungan} = 6,00$$

$$f^2 \text{ cr (Tabel 2.10)} = 7,815$$

Dilihat hasil perbandingan di atas bahwa ternyata f_2 hitungan < f_2 cr, maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

4.5.3.2 Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji keselarasan Smirnov – Kolmogorov, sering juga uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hasil perhitungan uji keselarasan sebaran dengan Smirnov – Kolmogorov untuk Metode Gumbel Tipe I dapat dilihat pada Tabel 4.15.

- Xi = Curah hujan rencana
- Xrt = Rata-rata curah hujan
= 107 mm
- Sd = Standar deviasi
= 24,342
- n = jumlah data

Tabel 4.15 Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Xi	M	P(x) = M/(n+1)	P(x<)	f(t) = (Xi-Xrt)/Sd	P'(x) = M/(n-1)	P'(x<)	D
1	2	3	4 = nilai1 - 3	5	6	7 = nilai1 - 6	8 = 4-7
66	1	0,067	0,933	-1,684	0,077	0,923	0,010
76	2	0,133	0,867	-1,274	0,154	0,846	0,021
77	3	0,200	0,800	-1,232	0,231	0,769	0,031
83	4	0,267	0,733	-0,986	0,308	0,692	0,041
85	5	0,333	0,667	-0,904	0,385	0,615	0,051
88	6	0,400	0,600	-0,781	0,462	0,538	0,062
91	7	0,467	0,533	-0,657	0,538	0,462	0,072
109	8	0,533	0,467	0,082	0,615	0,385	0,082
116	9	0,600	0,400	0,370	0,692	0,308	0,092
118	10	0,667	0,333	0,452	0,769	0,231	0,103
122	11	0,733	0,267	0,616	0,846	0,154	0,113
136	12	0,800	0,200	1,191	0,923	0,077	0,123
138	13	0,867	0,133	1,274	1,000	0,000	0,133
147	14	0,933	0,067	1,643	1,077	-0,077	0,144

- Derajat signifikasi = 0,05 (5%)
- Dmaks = 0,144 → m = 14
- Do kritis = 0,354 untuk n = 14 → (lihat Tabel 2.8 Bab II)

Dilihat dari perbandingan di atas bahwa Dmaks < Do kritis, maka metode sebaran yang diuji dapat diterima.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

4.6 Intensitas Curah Hujan

Perhitungan intensitas curah hujan ini menggunakan Metode Dr. Moonobe dengan mengacu pada Persamaan 2.24 Bab II yang merupakan sebuah variasi dari persamaan-persamaan curah hujan jangka pendek. Persamaannya sebagai berikut :

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

Hasil perhitungan intensitas curah hujan disajikan pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.16 Intensitas Curah Hujan

t (jam)	R24							
	R2	R5	R10	R25	R50	R100	R200	R1000
	103,540	130,869	148,961	171,828	188,789	205,624	222,404	261,54
1	35,895	45,370	51,642	59,569	65,433	71,286	77,103	90,671
2	22,613	28,581	32,532	37,526	41,220	44,907	48,572	57,119
3	17,257	21,812	24,827	28,638	31,457	34,271	37,067	43,590
4	14,245	18,005	20,494	23,640	25,967	28,290	30,598	35,983
5	12,276	15,516	17,661	20,372	22,378	24,379	26,369	31,009
6	10,871	13,740	15,640	18,041	19,817	21,589	23,351	27,460
7	9,809	12,398	14,112	16,279	17,881	19,481	21,070	24,778
8	8,974	11,342	12,910	14,892	16,358	17,821	19,276	22,668
9	8,296	10,486	11,935	13,768	15,123	16,476	17,820	20,956
10	7,733	9,775	11,126	12,834	14,097	15,358	16,611	19,534
11	7,257	9,173	10,441	12,044	13,229	14,413	15,589	18,332
12	6,848	8,656	9,853	11,365	12,484	13,600	14,710	17,299
13	6,492	8,206	9,341	10,774	11,835	12,894	13,946	16,400
14	6,179	7,811	8,890	10,255	11,265	12,272	13,274	15,609
15	5,902	7,459	8,491	9,794	10,758	11,720	12,677	14,908
16	5,653	7,145	8,133	9,382	10,305	11,227	12,143	14,280
17	5,429	6,862	7,811	9,010	9,897	10,782	11,662	13,714
18	5,226	6,606	7,519	8,673	9,527	10,379	11,226	13,201
19	5,041	6,372	7,253	8,366	9,190	10,012	10,829	12,734
20	4,872	6,158	7,009	8,085	8,881	9,675	10,465	12,306
21	4,716	5,961	6,785	7,826	8,596	9,365	10,130	11,912
22	4,572	5,779	6,577	7,587	8,334	9,079	9,820	11,548
23	4,438	5,610	6,385	7,366	8,091	8,814	9,534	11,211
24	4,314	5,453	6,207	7,160	7,864	8,568	9,267	10,898

4.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung atau memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang dengan hasil yang baik dapat dilakukan dengan analisis data aliran dari sungai yang bersangkutan. Oleh karena data aliran yang bersangkutan tidak tersedia maka dalam perhitungan debit banjir akan digunakan beberapa metode yaitu :

- Metode Rasional
- Metode FSR Jawa Sumatra
- Metode Weduwen
- Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I
- Metode Haspers

4.7.1 Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Untuk menghitungnya menggunakan Persamaan 2.25 s/d Persamaan 2.28 pada Bab II yaitu sebagai berikut :

$$Q_t = \frac{C.I.A}{3.6} = 0.278.C.I.A$$

$$R = \frac{R_{24}}{24} * \left(\frac{24}{Tc}\right)^{2/3}$$

$$Tc = L / W$$

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

Data yang ada yaitu :

L = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau (km)
= 20 km

A = luas DAS (km²) = 23,759 km²

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik tinggi yang ditinjau (km)
= 2,050 km

Dari Tabel 4.16 diketahui :

R₂₄ periode ulang 2 tahun = 103,540 mm

R₂₄ periode ulang 5 tahun = 130,869 mm

R₂₄ periode ulang 10 tahun = 148,961 mm

R₂₄ periode ulang 25 tahun = 171,828 mm

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

- R₂₄ periode ulang 50 tahun = 188,789 mm
- R₂₄ periode ulang 100 tahun = 205,624 mm
- R₂₄ periode ulang 200 tahun = 222,404 mm
- R₂₄ periode ulang 1000 tahun = 261,540 mm

Debit banjir rencana dengan Metode Rasional disajikan pada Tabel 4.17 sebagai berikut :

Tabel 4.17 Debit Banjir Rencana Metode Rasional

No	Periode Ulang (tahun)	A (km ²)	Rt (mm)	L (km)	H (km)	C	w (km/jam)	tc (mm/jam)	I (mm/jam)	Qt (m ³ /dtk)
1	2	23,759	103,540	20	2,05	0,28	18,356	1,090	33,900	62,694
2	5	23,759	130,869	20	2,05	0,28	18,356	1,090	42,847	79,242
3	10	23,759	148,961	20	2,05	0,28	18,356	1,090	48,771	90,197
4	25	23,759	171,828	20	2,05	0,28	18,356	1,090	56,258	104,043
5	50	23,759	188,789	20	2,05	0,28	18,356	1,090	61,811	114,313
6	100	23,759	205,624	20	2,05	0,28	18,356	1,090	67,323	124,507
7	200	23,759	222,404	20	2,05	0,28	18,356	1,090	72,817	134,667
8	1000	23,759	261,540	20	2,05	0,28	18,356	1,090	85,630	158,364

4.7.2 Debit Banjir Rencana Metode Weduwen

Untuk menghitungnya menggunakan Persamaan 2.29 s/d Persamaan 2.33 pada Bab II (Loebis, 1987) yang rumusnya sebagai berikut :

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

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

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

$$q_n = \frac{R_n}{240} * \frac{67,65}{t + 1,45}$$

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

Data yang ada yaitu :

- Luas DAS Sungai Gandul (A) = 23,759 km²
- Panjang Sungai (L) = 20 km
- Kemiringan Sungai (I) = (Elv hulu-Elv hilir)/L = 0,1025

Di coba t = 2 jam

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

$$\beta = \frac{120 + ((t+1)/(t+9))A}{120 + A} = 0,8798$$

$$q_n = \frac{67,65}{t+1,45} = 19,608 \text{ m}^3/\text{dtk.km}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7} = 0,835$$

$$Qt = \alpha \cdot \beta \cdot q_n A = 342,241 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q^{0,125} \cdot I^{0,25} = 2,342 \text{ jam}$$

Di coba t = 1,20 jam

$$\beta = \frac{120 + ((t+1)/(t+9))A}{120 + A} = 0,8703$$

$$q_n = \frac{67,65}{t+1,45} = 25,528 \text{ m}^3/\text{dtk.km}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7} = 0,863$$

$$Qt = \alpha \cdot \beta \cdot q_n A = 455,538 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q^{0,125} \cdot I^{0,25} = 1,211 \text{ jam} \approx 1,20 \text{ jam} \rightarrow t = 1,2 \text{ jam}$$

$$Qn = \alpha \cdot \beta \cdot q_n A \frac{Rn}{240} = 1,898 \text{ Rn}$$

Luas DAS (A) = 23,759 km²

Kemiringan Sungai (I) = 0,1025

Panjang Sungai (L) = 20 km

Karena perhitungan debit Metode Weduwen mengandung unsur *trial and error* untuk nilai t maka perhitungan dilakukan dalam bentuk tabel dengan langkah-langkah :

1. Asumsi harga t perkiraan.
2. Hitung harga faktor reduksi.
3. Hitung harga koefisien aliran.
4. Hitung harga t perhitungan.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

5. Apabila harga t perhitungan telah sesuai dengan harga t asumsi maka perhitungan selesai dan hitung debit puncak.

Dengan cara coba-coba dengan beberapa nilai t didapat harga debit puncak tiap periode ulang (tahun). Hasil perhitungan debit banjir rencana Metode Weduwen tiap periode ulang (tahun) disajikan pada Tabel 4.18 sebagai berikut :

Tabel 4.18 Debit Banjir Rencana Metode Weduwen

No	Peiode	Rn	Qt
		(mm)	(m3/dtk)
1	2	103,540	196,519
2	5	130,869	248,389
3	10	148,961	282,728
4	25	171,828	326,130
5	50	188,789	358,322
6	100	205,624	390,274
7	200	222,404	422,123
8	1000	261,540	496,403

4.7.3 Debit Banjir Rencana Metode Haspers

Perhitungan debit banjir rencana untuk Metode Haspers menggunakan Persamaan 2.34 s/d Persamaan 2.41 pada Bab II (Loebis, 1987). Berikiut ini perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang T Metode Haspers dan hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 4.19.

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

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

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

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

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

a. Untuk t < 2 jam

$$Rn = \frac{tR24}{t + 1 - 0,0008 * (260 - R24)(2 - t)^2}$$

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

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

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

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

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

di mana t dalam jam dan $R_t, R24$ (mm)

Data yang ada yaitu :

Luas DAS	=	23,759 km ²
Panjang sungai (L)	=	20 km
H (beda tinggi)	=	2,05 km
Kemiringan sungai (I)	= H/L = 2,05/20	= 0,1025

Perhitungan :

$$t = 0,10.L^{0,80} I^{-0,30} = 0,10 * 20^{0,80} * 0,1025^{-0,30} = 2,175 \text{ jam}$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012.A^{0,70}}{1 + 0,075.A^{0,70}} = \frac{1 + 0,012 * 23,759^{0,70}}{1 + 0,075 * 23,759^{0,70}} = 0,657$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,70.10^{0,40t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{2,175 + 3,70.10^{0,40t}}{2,175^2 + 15} \cdot \frac{23,759^{0,75}}{12} = 1,022 \rightarrow \beta = 0,978$$

Karena $2 \text{ jam} \leq t \leq 19 \text{ jam}$, maka :

$$Rn = \frac{tR24}{t+1} \quad Rn = \frac{2,175 * Rt}{2,175 + 1} = 0,685 Rt$$

$$q_n = \frac{Rn}{3,6.t} = \frac{0,685Rt}{3,6 * 2,175} = 0,0875 Rt$$

$$Q_t = \alpha.\beta.q_n.A = 0,657 * 0,978 * 0,0875Rt * 23,759 = 1,335Rt$$

Tabel 4.19 Debit Banjir Rencana Metode Haspers

Periode (T)	Rt	qn	Qt
(tahun)	(mm)	(m ³ /dtk/km ²)	(m ³ /dtk)
2	103,540	9,060	138,226
5	130,869	11,451	174,710
10	148,961	13,034	198,863
25	171,828	15,035	229,390
50	188,789	16,519	252,033
100	205,624	17,992	274,508
200	222,404	19,460	296,909
1000	261,540	22,885	349,156

4.7.4 Debit Banjir Rencana Metode FSR Jawa Sumatra

Untuk perhitungan debit banjir rencana Metode FSR Jawa Sumatra, digunakan metode regresi karena penulis tidak memiliki data pengamatan debit Sungai Gandul. Dengan data hujan harian yang tersedia dan luas daerah pengaliran sungai. Penentuan parameter antara lain :

- AREA = Luas DAS → 23,759 km²
- PBAR = Data curah hujan terbesar dalam 1 hari → 147 mm
- H = Beda Elv hulu dan Elv hilir → 2500 - 450 = 2050 m
- L = Panjang sungai → 20 km
- ARF = 0,97 (untuk luas DAS 10 km² – 30 km²)
- APBAR = ARF x PBAR = 0,97 x 147 = 142,59 mm
- MSL = 0,90 x L = 0,90x 20 = 18
- SIMS = H/MSL = 2050/ 18 = 113,888
- LAKE = diambil 0,00 karena di lokasi embung tidak terdapat danau
- V = 1,02 - 0,0275 log (AREA) = 1,02 - 0,00275 log 23,759 = 1,016 m/dt
- MAF = (8,0) x (10⁻⁶) x (AREA)^v x (APBAR)^{2,445} x (SIMS)^{0,117} x (1+LAKE)^{-0,85}
 = (8) x (10⁻⁶) x (23,759) x (142,59)^{2,445} x (113,888)^{0,117} x (1+0)^{-0,85}
 = 61,132 m³/dtk
- GF = *Growth Factor* (Tabel 2.8 Bab II)
- QT = Debit banjir periode ulang T tahun (m³/dtk)
 = GT(T, AREA)xMAF

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun menggunakan Metode FSR Jawa Sumatra disajikan pada Tabel 4.20 sebagai berikut :

Tabel 4.20 Debit Banjir Rencana Metode Jawa Sumatra

Periode Ulang (tahun)	PBAR (mm)	ARF	APBR (mm)	SIMS	AREA (km ²)	LAKE	V	GF	MAF (m/dtk)	Qt (m ³ /dtk)
5	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	1,28	61,132	78,249
10	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	1,56	61,132	95,366
20	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	1,88	61,132	114,928
50	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	2,35	61,132	143,660
100	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	2,78	61,132	169,947
200	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	3,27	61,132	199,902
500	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	4,01	61,132	245,139
1000	147	0,97	142,59	113,888	23,759	0	1,016	4,68	61,132	286,098

4.7.5 Debit Banjir Rencana Metode HSS Gamma I

Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I menggunakan Pers. 2.42 s/d Pers. 2.49 pada Bab II (Soemarto, 1999) dengan langkah-langkah :

- 1) Menentukan data yang digunakan dalam perhitungan Hidrograf Sintetik Gamma I DAS Sungai Gandul.

Luas DAS Sungai Gandul = 23,759 km²

Panjang sungai utama (L) = 20 km

Panjang sungai semua tingkat = 27,28 km

Panjang sungai tingkat satu (1) = 18,13 km

Jumlah sungai tingkat satu (1) = 71

Jumlah sungai semua tingkat = 84

Jumlah pertemuan sungai (JN) = 65

Kelandaian sungai = (Elv hulu-Elv hilir)/L

= (2500-450) / 20000 = 0,1025

Indeks kerapatan sungai = 27,28 / 23,759 = 1,148 km/km²

dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

$$SF = \frac{18,13}{27,28}$$

= 0,664 km/km²

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

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).

$$\begin{aligned}W_u &= 4,72 \text{ km} \\W_i &= 2,80 \text{ km} \\WF &= \frac{4,72}{2,80} = 1,685\end{aligned}$$

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).

$$\begin{aligned}A_u &= 10,664 \text{ km}^2 \\RUA &= \frac{A_u}{A} \\&= \frac{10,664}{23,759} \\&= 0,4488 \text{ km}^2\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}SIM &= WF \times RUA \\&= 1,685 \times 0,4488 = 0,7562\end{aligned}$$

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

$$SN = \frac{71}{84} = 0,845$$

- 2) Menghitung waktu naik (T_R) dengan menggunakan Persamaan 2.43 Bab II yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}TR &= 0,43 \cdot \left[\frac{L}{100 * SF} \right]^3 + 1,06665 * SIM + 1,2775 \\TR &= 0,43 \cdot \left[\frac{20}{100 * 0,664} \right]^3 + 1,06665 * 0,7562 + 1,2775 \\&= 2,095 \text{ jam}\end{aligned}$$

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

- 3) Menghitung debit puncak (Q_p) dengan menggunakan Persamaan 2.44 Bab II yaitu sebagai berikut :

$$Q_p = 0,1836 * A^{0,5886} * TR^{0,0986} * JN^{0,2381}$$

$$Q_p = 0,1836 * 23,759^{0,5886} * 2,095^{-0,0986} * 65^{0,2381}$$

$$= 2,976 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- 4) Menghitung waktu dasar / TB (*time base*) dengan menggunakan Persamaan 2.45 Bab II yaitu sebagai berikut :

$$TB = 27,4132 \times TR^{0,1457} * S^{0,0986} * SN^{0,7344} * RUA^{0,2574}$$

$$TB = 27,4132 * 2,095^{0,1457} * 0,1025^{-0,0986} * 0,845^{0,7344} * 0,4488^{0,2574}$$

$$= 35,192 \text{ jam}$$

- 5) Menghitung koefisien tampungan k dengan menggunakan Persamaan 2.49 Bab II yaitu sebagai berikut :

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

$$k = 0,5617 * 23,759^{0,1798} * 0,1025^{-0,1446} * 0,664^{-1,0897} * 1,148^{0,0452}$$

$$= 2,169 \text{ jam}$$

- 6) Membuat unit hidrograf dengan menggunakan Persamaan 2.42 Bab II yaitu sebagai berikut :

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

- 7) Menghitung besar aliran dasar / QB (*base flow*) dengan menggunakan Persamaan 2.47 Bab II yaitu sebagai berikut :

$$QB = 0,4751 * A^{0,6444} * D^{0,9430}$$

$$QB = 0,4751 * 23,759^{0,6444} * 1,148^{0,9430}$$

$$= 4,167 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- 8) Menghitung hujan efektif dengan metode indeks infiltrasi berdasarkan Persamaan 2.46 Bab II yaitu sebagai sebagai berikut :

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

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 * 10^{-6} * 23,759^2 + 1,6985 * 10^{-13} * \left[\frac{23,759}{0,845} \right]^4$$

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

$$= 10,488 \text{ mm/jam}$$

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

Tabel 4.21 Unit Resesi Hidrograf

t (jam)	Qp (m ³ /dtk)	k (jam)	t/k	e	Qt (m ³ /dtk)
1	2,976	2,169	0,461	2,718	1,87683
2	2,976	2,169	0,922	2,718	1,18364
3	2,976	2,169	1,383	2,718	0,74647
4	2,976	2,169	1,844	2,718	0,47076
5	2,976	2,169	2,305	2,718	0,29689
6	2,976	2,169	2,766	2,718	0,18724
7	2,976	2,169	3,227	2,718	0,11808
8	2,976	2,169	3,688	2,718	0,07447
9	2,976	2,169	4,149	2,718	0,04696
10	2,976	2,169	4,610	2,718	0,02962
11	2,976	2,169	5,071	2,718	0,01868
12	2,976	2,169	5,533	2,718	0,01178
13	2,976	2,169	5,994	2,718	0,00743
14	2,976	2,169	6,455	2,718	0,00469
15	2,976	2,169	6,916	2,718	0,00295
16	2,976	2,169	7,377	2,718	0,00186
17	2,976	2,169	7,838	2,718	0,00118
18	2,976	2,169	8,299	2,718	0,00074
19	2,976	2,169	8,760	2,718	0,00047
20	2,976	2,169	9,221	2,718	0,00029
21	2,976	2,169	9,682	2,718	0,00019
22	2,976	2,169	10,143	2,718	0,00012
23	2,976	2,169	10,604	2,718	0,00007
24	2,976	2,169	11,065007	2,718	0,00005

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.22 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 2 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)		35,895	22,613	17,257	14,245	12,276	10,871	9,809	8,974	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 2 Tahunan (m ³ /dtk)	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)		10,488										
Hujan Efektif (mm/jam)		25,407	12,125	6,769	3,757	1,788	0,383	0	0			
t (jam)	UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0								4,167	4,167	
1	1,87683	47,685	0							4,167	51,852	
2	1,18364	30,073	22,757	0						4,167	56,996	
3	0,74647	18,966	14,352	12,704	0					4,167	50,188	
4	0,47076	11,961	9,051	8,012	7,051	0				4,167	40,242	
5	0,29689	7,543	5,708	5,053	4,447	3,356	0			4,167	30,274	
6	0,18724	4,757	3,600	3,187	2,804	2,116	0,719	0		4,167	21,350	
7	0,11808	3,000	2,270	2,010	1,769	1,335	0,453	0	0	4,167	15,004	
8	0,07447	1,892	1,432	1,267	1,115	0,842	0,286	0	0	4,167	11,001	
9	0,04696	1,193	0,903	0,799	0,703	0,531	0,180	0	0	4,167	8,477	
10	0,02962	0,753	0,569	0,504	0,444	0,335	0,114	0	0	4,167	6,885	
11	0,01868	0,475	0,359	0,318	0,280	0,211	0,072	0	0	4,167	5,881	
12	0,01178	0,299	0,226	0,200	0,176	0,133	0,045	0	0	4,167	5,248	
13	0,00743	0,189	0,143	0,126	0,111	0,084	0,029	0	0	4,167	4,849	
14	0,00469	0,119	0,090	0,080	0,070	0,053	0,018	0	0	4,167	4,597	
15	0,00295	0,075	0,057	0,050	0,044	0,033	0,011	0	0	4,167	4,438	
16	0,00186	0,047	0,036	0,032	0,028	0,021	0,007	0	0	4,167	4,338	
17	0,00118	0,030	0,023	0,020	0,018	0,013	0,005	0	0	4,167	4,275	
18	0,00074	0,019	0,014	0,013	0,011	0,008	0,003	0	0	4,167	4,235	
19	0,00047	0,012	0,009	0,008	0,007	0,005	0,002	0	0	4,167	4,210	
20	0,00029	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	0,001	0	0	4,167	4,194	
21	0,00019	0,005	0,004	0,003	0,003	0,002	0,001	0	0	4,167	4,184	
22	0,00012	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000	0	0	4,167	4,178	
23	0,00007	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0	0	4,167	4,174	
24	0,00005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0	0	4,167	4,171	
			0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	4,167	4,169	
				0,000	0,000	0,000	0,000	0	0	4,167	4,168	
					0,000	0,000	0,000	0	0	4,167	4,167	
						0,000	0,000	0	0	4,167	4,167	
							0,000	0	0	4,167	4,167	
								0	0	4,167	4,167	
									0	4,167	4,167	
										0	4,167	4,167

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.23 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 5 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)		45,370	28,581	21,812	18,005	15,516	13,740	12,398	11,342	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 5 Tahunan (m ³ /dtk)
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)		10,488									
Hujan Efektif (mm/jam)		34,882	18,093	11,324	7,517	5,028	3,252	1,91	0,854		
t (jam)	UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8		
0	0	0								4,167	4,167
1	1,87683	65,468	0							4,167	69,635
2	1,18364	41,288	33,957	0						4,167	79,412
3	0,74647	26,038	21,416	21,253	0					4,167	72,874
4	0,47076	16,421	13,506	13,404	14,108	0				4,167	61,606
5	0,29689	10,356	8,517	8,453	8,897	9,437	0			4,167	49,828
6	0,18724	6,531	5,372	5,331	5,611	5,951	6,103	0		4,167	39,067
7	0,11808	4,119	3,388	3,362	3,539	3,753	3,849	3,585	0	4,167	29,761
8	0,07447	2,598	2,136	2,120	2,232	2,367	2,428	2,261	1,603	4,167	21,911
9	0,04696	1,638	1,347	1,337	1,407	1,493	1,531	1,426	1,011	4,167	15,357
10	0,02962	1,033	0,850	0,843	0,888	0,941	0,965	0,899	0,637	4,167	11,224
11	0,01868	0,652	0,536	0,532	0,560	0,594	0,609	0,567	0,402	4,167	8,618
12	0,01178	0,411	0,338	0,335	0,353	0,374	0,384	0,358	0,254	4,167	6,974
13	0,00743	0,259	0,213	0,212	0,223	0,236	0,242	0,226	0,160	4,167	5,937
14	0,00469	0,164	0,134	0,133	0,140	0,149	0,153	0,142	0,101	4,167	5,284
15	0,00295	0,103	0,085	0,084	0,089	0,094	0,096	0,090	0,064	4,167	4,871
16	0,00186	0,065	0,053	0,053	0,056	0,059	0,061	0,057	0,040	4,167	4,611
17	0,00118	0,041	0,034	0,033	0,035	0,037	0,038	0,036	0,025	4,167	4,447
18	0,00074	0,026	0,021	0,021	0,022	0,024	0,024	0,022	0,016	4,167	4,344
19	0,00047	0,016	0,013	0,013	0,014	0,015	0,015	0,014	0,010	4,167	4,278
20	0,00029	0,010	0,009	0,008	0,009	0,009	0,010	0,009	0,006	4,167	4,237
21	0,00019	0,007	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,004	4,167	4,211
22	0,00012	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	4,167	4,195
23	0,00007	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	4,167	4,185
24	0,00005	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	4,167	4,178
			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4,167	4,173
				0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	4,167	4,170
					0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,167	4,169
						0,000	0,000	0,000	0,000	4,167	4,168
							0,000	0,000	0,000	4,167	4,167
								0,000	0,000	4,167	4,167
									0,000	4,167	4,167

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.24 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 10 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)	51,642	32,532	24,827	20,494	17,661	15,64	14,112	12,91	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 10 Tahunan (m ³ /dtk)	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)	10,488										
Hujan Efektif (mm/jam)	41,154	22,044	14,339	10,006	7,173	5,152	3,624	2,422			
UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0							4,167	4,167	
1	1,87683	77,239	0						4,167	81,406	
2	1,18364	48,712	41,373	0					4,167	94,251	
3	0,74647	30,720	26,092	26,912	0				4,167	87,891	
4	0,47076	19,374	16,455	16,972	18,780	0			4,167	75,748	
5	0,29689	12,218	10,377	10,704	11,844	13,463	0		4,167	62,772	
6	0,18724	7,706	6,545	6,750	7,469	8,490	9,669	0	4,167	50,796	
7	0,11808	4,859	4,128	4,257	4,710	5,354	6,098	6,802	0	4,167	40,376
8	0,07447	3,065	2,603	2,685	2,971	3,377	3,846	4,290	4,546	4,167	31,548
9	0,04696	1,933	1,642	1,693	1,874	2,130	2,425	2,705	2,867	4,167	21,435
10	0,02962	1,219	1,035	1,068	1,182	1,343	1,530	1,706	1,808	4,167	15,057
11	0,01868	0,769	0,653	0,673	0,745	0,847	0,965	1,076	1,140	4,167	11,035
12	0,01178	0,485	0,412	0,425	0,470	0,534	0,608	0,679	0,719	4,167	8,498
13	0,00743	0,306	0,260	0,268	0,296	0,337	0,384	0,428	0,453	4,167	6,899
14	0,00469	0,193	0,164	0,169	0,187	0,212	0,242	0,270	0,286	4,167	5,890
15	0,00295	0,121	0,103	0,107	0,118	0,134	0,153	0,170	0,180	4,167	5,253
16	0,00186	0,077	0,065	0,067	0,074	0,084	0,096	0,107	0,114	4,167	4,852
17	0,00118	0,049	0,041	0,042	0,047	0,053	0,061	0,068	0,072	4,167	4,599
18	0,00074	0,030	0,026	0,027	0,030	0,034	0,038	0,043	0,045	4,167	4,440
19	0,00047	0,019	0,016	0,017	0,019	0,021	0,024	0,027	0,029	4,167	4,339
20	0,00029	0,012	0,010	0,011	0,012	0,013	0,015	0,017	0,018	4,167	4,275
21	0,00019	0,008	0,006	0,007	0,007	0,008	0,010	0,011	0,011	4,167	4,235
22	0,00012	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,007	0,007	4,167	4,210
23	0,00007	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	4,167	4,194
24	0,00005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	4,167	4,184
			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	4,167	4,177
				0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4,167	4,172
					0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4,167	4,170
						0,000	0,000	0,000	0,000	4,167	4,169
							0,000	0,000	0,000	4,167	4,168
								0,000	0,000	4,167	4,167
									0,000	4,167	4,167

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.25 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 25 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)	59,569	37,526	28,638	23,64	20,372	18,041	16,279	14,892	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 25 Tahunan (m ³ /dtk)	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)	10,488										
Hujan Efektif (mm/jam)	49,081	27,038	18,15	13,152	9,884	7,553	5,791	4,404			
UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0							4,167	4,167	
1	1,87683	92,117	0						4,167	96,284	
2	1,18364	58,094	50,746	0					4,167	113,007	
3	0,74647	36,637	32,003	34,064	0				4,167	106,872	
4	0,47076	23,105	20,183	21,483	24,684	0			4,167	93,623	
5	0,29689	14,572	12,728	13,548	15,567	18,551	0		4,167	79,133	
6	0,18724	9,190	8,027	8,544	9,818	11,699	14,176	0	4,167	65,621	
7	0,11808	5,795	5,063	5,389	6,191	7,378	8,940	10,869	0	4,167	53,792
8	0,07447	3,655	3,193	3,398	3,905	4,653	5,638	6,854	8,266	4,167	43,729
9	0,04696	2,305	2,014	2,143	2,463	2,934	3,556	4,323	5,213	4,167	29,117
10	0,02962	1,454	1,270	1,352	1,553	1,851	2,242	2,726	3,287	4,167	19,902
11	0,01868	0,917	0,801	0,852	0,979	1,167	1,414	1,719	2,073	4,167	14,090
12	0,01178	0,578	0,505	0,538	0,618	0,736	0,892	1,084	1,308	4,167	10,425
13	0,00743	0,365	0,319	0,339	0,390	0,464	0,562	0,684	0,825	4,167	8,114
14	0,00469	0,230	0,201	0,214	0,246	0,293	0,355	0,431	0,520	4,167	6,656
15	0,00295	0,145	0,127	0,135	0,155	0,185	0,224	0,272	0,328	4,167	5,737
16	0,00186	0,091	0,080	0,085	0,098	0,116	0,141	0,172	0,207	4,167	5,157
17	0,00118	0,058	0,050	0,054	0,062	0,073	0,089	0,108	0,130	4,167	4,791
18	0,00074	0,036	0,032	0,034	0,039	0,046	0,056	0,068	0,082	4,167	4,561
19	0,00047	0,023	0,020	0,021	0,024	0,029	0,035	0,043	0,052	4,167	4,415
20	0,00029	0,014	0,013	0,013	0,016	0,018	0,022	0,027	0,033	4,167	4,323
21	0,00019	0,009	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014	0,017	0,021	4,167	4,266
22	0,00012	0,006	0,005	0,005	0,006	0,007	0,009	0,011	0,013	4,167	4,229
23	0,00007	0,003	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	4,167	4,206
24	0,00005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	4,167	4,192
			0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	4,167	4,181
				0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	4,167	4,175
					0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	4,167	4,172
						0,000	0,001	0,001	0,001	4,167	4,170
							0,000	0,000	0,001	4,167	4,168
								0,000	0,000	4,167	4,168
									0,000	4,167	4,167

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.26 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 50 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)	65,449	41,231	31,465	25,974	22,383	19,822	17,886	16,362	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 50 Tahunan (m ³ /dtk)	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)	10,488										
Hujan Efektif (mm/jam)	54,961	30,743	20,977	15,486	11,895	9,334	7,398	5,874			
UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0							4,167	4,167	
1	1,87683	103,152	0						4,167	107,319	
2	1,18364	65,054	57,699	0					4,167	126,920	
3	0,74647	41,027	36,389	39,370	0				4,167	120,953	
4	0,47076	25,873	22,949	24,829	29,065	0			4,167	106,883	
5	0,29689	16,317	14,473	15,659	18,330	22,325	0		4,167	91,270	
6	0,18724	10,291	9,127	9,875	11,560	14,079	17,518	0	4,167	76,618	
7	0,11808	6,490	5,756	6,228	7,290	8,879	11,048	13,885	0	4,167	63,743
8	0,07447	4,093	3,630	3,928	4,598	5,600	6,968	8,757	11,024	4,167	52,764
9	0,04696	2,581	2,289	2,477	2,900	3,532	4,394	5,522	6,953	4,167	34,815
10	0,02962	1,628	1,444	1,562	1,829	2,227	2,771	3,483	4,385	4,167	23,495
11	0,01868	1,027	0,911	0,985	1,153	1,405	1,748	2,196	2,765	4,167	16,356
12	0,01178	0,647	0,574	0,621	0,727	0,886	1,102	1,385	1,744	4,167	11,854
13	0,00743	0,408	0,362	0,392	0,459	0,559	0,695	0,874	1,100	4,167	9,015
14	0,00469	0,258	0,228	0,247	0,289	0,352	0,438	0,551	0,694	4,167	7,225
15	0,00295	0,162	0,144	0,156	0,182	0,222	0,276	0,347	0,437	4,167	6,095
16	0,00186	0,102	0,091	0,098	0,115	0,140	0,174	0,219	0,276	4,167	5,383
17	0,00118	0,065	0,057	0,062	0,073	0,088	0,110	0,138	0,174	4,167	4,934
18	0,00074	0,041	0,036	0,039	0,046	0,056	0,069	0,087	0,110	4,167	4,651
19	0,00047	0,026	0,023	0,025	0,029	0,035	0,044	0,055	0,069	4,167	4,472
20	0,00029	0,016	0,014	0,016	0,018	0,022	0,028	0,035	0,044	4,167	4,359
21	0,00019	0,010	0,009	0,010	0,011	0,014	0,017	0,022	0,028	4,167	4,288
22	0,00012	0,007	0,006	0,006	0,007	0,009	0,011	0,014	0,017	4,167	4,244
23	0,00007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	4,167	4,215
24	0,00005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,005	0,007	4,167	4,198
			0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	4,167	4,185
				0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	4,167	4,177
					0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	4,167	4,173
						0,001	0,001	0,001	0,001	4,167	4,170
							0,000	0,001	0,001	4,167	4,169
								0,000	0,000	4,167	4,168
									0,000	4,167	4,167

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.27 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 100 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)	71,286	44,907	34,271	28,29	24,379	21,589	19,481	17,821	Qb	Q Banjir 100 tahunan	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)	10,488									(m ³ /dtk)	
Hujan Efektif (mm/jam)	60,798	34,419	23,783	17,802	13,891	11,101	8,993	7,333		(m ³ /dtk)	
UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0							4,167	4,167	
1	1,87683	114,108	0						4,167	118,275	
2	1,18364	71,963	64,599	0					4,167	140,729	
3	0,74647	45,384	40,740	44,637	0				4,167	134,927	
4	0,47076	28,621	25,693	28,151	33,411	0			4,167	120,043	
5	0,29689	18,050	16,203	17,753	21,071	26,071	0		4,167	103,316	
6	0,18724	11,384	10,219	11,196	13,289	16,442	20,835	0	4,167	87,531	
7	0,11808	7,179	6,445	7,061	8,380	10,369	13,140	16,878	0	4,167	73,619
8	0,07447	4,528	4,064	4,453	5,285	6,539	8,287	10,644	13,763	4,167	61,730
9	0,04696	2,855	2,563	2,808	3,333	4,124	5,226	6,713	8,680	4,167	40,469
10	0,02962	1,801	1,616	1,771	2,102	2,601	3,296	4,234	5,474	4,167	27,061
11	0,01868	1,136	1,019	1,117	1,326	1,640	2,079	2,670	3,452	4,167	18,606
12	0,01178	0,716	0,643	0,704	0,836	1,034	1,311	1,684	2,177	4,167	13,273
13	0,00743	0,452	0,405	0,444	0,527	0,652	0,827	1,062	1,373	4,167	9,910
14	0,00469	0,285	0,256	0,280	0,333	0,411	0,521	0,670	0,866	4,167	7,789
15	0,00295	0,179	0,161	0,177	0,210	0,259	0,329	0,422	0,546	4,167	6,451
16	0,00186	0,113	0,102	0,112	0,132	0,164	0,207	0,266	0,344	4,167	5,607
17	0,00118	0,072	0,064	0,070	0,083	0,103	0,131	0,168	0,217	4,167	5,076
18	0,00074	0,045	0,041	0,044	0,053	0,065	0,082	0,106	0,137	4,167	4,740
19	0,00047	0,029	0,025	0,028	0,033	0,041	0,052	0,067	0,086	4,167	4,528
20	0,00029	0,018	0,016	0,018	0,021	0,026	0,033	0,042	0,054	4,167	4,395
21	0,00019	0,012	0,010	0,011	0,013	0,016	0,021	0,027	0,034	4,167	4,311
22	0,00012	0,007	0,007	0,007	0,008	0,010	0,013	0,017	0,022	4,167	4,258
23	0,00007	0,004	0,004	0,005	0,005	0,007	0,008	0,011	0,014	4,167	4,224
24	0,00005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	4,167	4,203
			0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	4,167	4,188
				0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	4,167	4,179
					0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	4,167	4,174
						0,001	0,001	0,001	0,001	4,167	4,171
							0,001	0,001	0,001	4,167	4,169
								0,000	0,001	4,167	4,168

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.28 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 200 Tahun

Intensitas Hujan (mm/jam)	77,103	48,572	37,067	30,598	26,369	23,351	21,07	19,276	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 200 Tahunan (m ³ /dtk)	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)	10,488										
Hujan Efektif (mm/jam)	66,615	38,084	26,579	20,11	15,881	12,863	10,582	8,788			
UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0							4,167	4,167	
1	1,87683	125,025	0						4,167	129,192	
2	1,18364	78,848	71,477	0					4,167	154,492	
3	0,74647	49,726	45,078	49,884	0				4,167	148,855	
4	0,47076	31,360	28,429	31,460	37,743	0			4,167	133,158	
5	0,29689	19,777	17,928	19,840	23,803	29,806	0		4,167	115,322	
6	0,18724	12,473	11,307	12,512	15,012	18,797	24,142	0	4,167	98,410	
7	0,11808	7,866	7,131	7,891	9,467	11,855	15,225	19,861	0	4,167	83,462
8	0,07447	4,961	4,497	4,977	5,970	7,476	9,602	12,525	16,494	4,167	70,669
9	0,04696	3,128	2,836	3,138	3,765	4,715	6,055	7,899	10,402	4,167	46,106
10	0,02962	1,973	1,788	1,979	2,375	2,974	3,819	4,982	6,560	4,167	30,617
11	0,01868	1,244	1,128	1,248	1,498	1,875	2,408	3,142	4,137	4,167	20,848
12	0,01178	0,785	0,711	0,787	0,944	1,183	1,519	1,981	2,609	4,167	14,687
13	0,00743	0,495	0,449	0,496	0,596	0,746	0,958	1,250	1,645	4,167	10,801
14	0,00469	0,312	0,283	0,313	0,376	0,470	0,604	0,788	1,038	4,167	8,351
15	0,00295	0,197	0,179	0,197	0,237	0,297	0,381	0,497	0,654	4,167	6,806
16	0,00186	0,124	0,112	0,125	0,149	0,187	0,240	0,313	0,413	4,167	5,831
17	0,00118	0,079	0,071	0,078	0,094	0,118	0,152	0,198	0,260	4,167	5,217
18	0,00074	0,049	0,045	0,049	0,059	0,074	0,096	0,125	0,164	4,167	4,829
19	0,00047	0,031	0,028	0,031	0,037	0,047	0,060	0,079	0,104	4,167	4,585
20	0,00029	0,019	0,018	0,020	0,024	0,030	0,038	0,050	0,065	4,167	4,430
21	0,00019	0,013	0,011	0,012	0,015	0,019	0,024	0,031	0,041	4,167	4,333
22	0,00012	0,008	0,007	0,008	0,009	0,012	0,015	0,020	0,026	4,167	4,272
23	0,00007	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,010	0,012	0,016	4,167	4,233
24	0,00005	0,003	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010	4,167	4,209
			0,002	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	4,167	4,191
				0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	4,167	4,181
					0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	4,167	4,175
						0,001	0,001	0,001	0,002	4,167	4,172
							0,001	0,001	0,001	4,167	4,169
								0,001	0,001	4,167	4,168
									0,000	4,167	4,167

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.29 Debit Banjir Rencana HSS Gamma I Periode Ulang 1000 Tahun

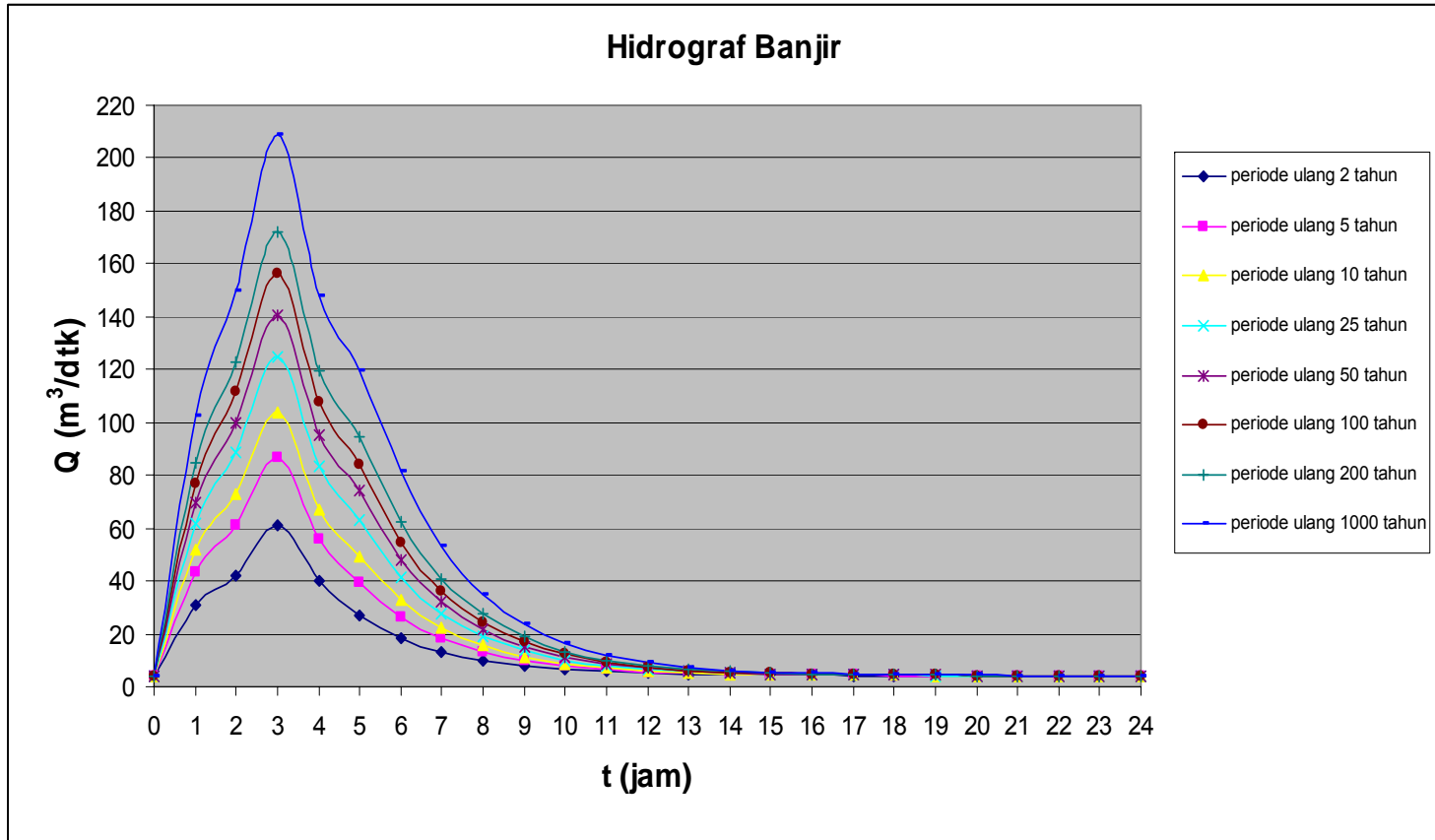
Intensitas Hujan (mm/jam)	90,671	57,119	43,59	35,983	31,009	27,46	24,778	22,668	Qb (m ³ /dtk)	Q Banjir 1000 Tahunan (m ³ /dtk)	
Q Indeks Infiltrasi (mm/jam)	10,488										
Hujan Efektif (mm/jam)	80,183	46,631	33,102	25,495	20,521	16,972	14,29	12,18			
UH	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
0	0	0							4,167	4,167	
1	1,87683	150,490	0						4,167	154,657	
2	1,18364	94,908	87,518	0					4,167	186,593	
3	0,74647	59,854	55,194	62,127	0				4,167	181,342	
4	0,47076	37,747	34,809	39,181	47,850	0			4,167	163,753	
5	0,29689	23,806	21,952	24,710	30,177	38,514	0		4,167	143,326	
6	0,18724	15,013	13,844	15,583	19,031	24,289	31,854	0	4,167	123,782	
7	0,11808	9,468	8,731	9,828	12,002	15,318	20,089	26,820	0	4,167	106,423
8	0,07447	5,971	5,506	6,198	7,569	9,660	12,669	16,914	22,860	4,167	91,515
9	0,04696	3,765	3,473	3,909	4,774	6,092	7,990	10,667	14,417	4,167	59,253
10	0,02962	2,375	2,190	2,465	3,010	3,842	5,039	6,727	9,092	4,167	38,908
11	0,01868	1,498	1,381	1,554	1,899	2,423	3,178	4,243	5,734	4,167	26,076
12	0,01178	0,945	0,871	0,980	1,197	1,528	2,004	2,676	3,616	4,167	17,984
13	0,00743	0,596	0,549	0,618	0,755	0,964	1,264	1,687	2,281	4,167	12,881
14	0,00469	0,376	0,346	0,390	0,476	0,608	0,797	1,064	1,438	4,167	9,663
15	0,00295	0,237	0,219	0,246	0,300	0,383	0,503	0,671	0,907	4,167	7,633
16	0,00186	0,149	0,138	0,155	0,189	0,242	0,317	0,423	0,572	4,167	6,352
17	0,00118	0,095	0,087	0,098	0,120	0,152	0,200	0,267	0,361	4,167	5,546
18	0,00074	0,059	0,055	0,062	0,075	0,096	0,126	0,168	0,228	4,167	5,036
19	0,00047	0,038	0,035	0,039	0,047	0,061	0,080	0,106	0,143	4,167	4,715
20	0,00029	0,023	0,022	0,024	0,030	0,038	0,050	0,067	0,090	4,167	4,513
21	0,00019	0,015	0,014	0,016	0,019	0,024	0,032	0,042	0,057	4,167	4,385
22	0,00012	0,010	0,009	0,010	0,012	0,015	0,020	0,027	0,036	4,167	4,305
23	0,00007	0,006	0,006	0,006	0,007	0,010	0,013	0,017	0,023	4,167	4,254
24	0,00005	0,004	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,011	0,014	4,167	4,222
			0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	4,167	4,199
				0,002	0,002	0,002	0,003	0,004	0,006	4,167	4,186
					0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	4,167	4,178
						0,001	0,001	0,002	0,002	4,167	4,173
							0,001	0,001	0,001	4,167	4,170
								0,001	0,001	4,167	4,169
									0,001	4,167	4,168

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.30 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana HSS Gamma I

t (jam)	Debit Banjir Rencana (m ³ /dtk)							
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun	200 Tahun	1000 Tahun
0	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167
1	51,852	69,635	81,406	96,284	107,319	118,275	129,192	154,657
2	56,996	79,412	94,251	113,007	126,920	140,729	154,492	186,593
3	50,188	72,874	87,891	106,872	120,953	134,927	148,855	181,342
4	40,242	61,606	75,748	93,623	106,883	120,043	133,158	163,753
5	30,274	49,828	62,772	79,133	91,270	103,316	115,322	143,326
6	21,350	39,067	50,796	65,621	76,618	87,531	98,410	123,782
7	15,004	29,761	40,376	53,792	63,743	73,619	83,462	106,423
8	11,001	21,911	31,548	43,729	52,764	61,730	70,669	91,515
9	8,477	15,357	21,435	29,117	34,815	40,469	46,106	59,253
10	6,885	11,224	15,057	19,902	23,495	27,061	30,617	38,908
11	5,881	8,618	11,035	14,090	16,356	18,606	20,848	26,076
12	5,248	6,974	8,498	10,425	11,854	13,273	14,687	17,984
13	4,849	5,937	6,899	8,114	9,015	9,910	10,801	12,881
14	4,597	5,284	5,890	6,656	7,225	7,789	8,351	9,663
15	4,438	4,871	5,253	5,737	6,095	6,451	6,806	7,633
16	4,338	4,611	4,852	5,157	5,383	5,607	5,831	6,352
17	4,275	4,447	4,599	4,791	4,934	5,076	5,217	5,546
18	4,235	4,344	4,440	4,561	4,651	4,740	4,829	5,036
19	4,210	4,278	4,339	4,415	4,472	4,528	4,585	4,715
20	4,194	4,237	4,275	4,323	4,359	4,395	4,430	4,513
21	4,184	4,211	4,235	4,266	4,288	4,311	4,333	4,385
22	4,178	4,195	4,210	4,229	4,244	4,258	4,272	4,305
23	4,174	4,185	4,194	4,206	4,215	4,224	4,233	4,254
24	4,171	4,178	4,184	4,192	4,198	4,203	4,209	4,222

Dari rekapitulasi hidrograf banjir rancangan di atas, diambil nilai yang maksimum yaitu pada jam ke-2. Dari rekapitulasi banjir rencana di atas, dibuat grafik hidrograf banjir untuk DAS Sungai Gandul seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Hidrograf Banjir HSS Gamma I

Tabel 4.31 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang	Debit Banjir Rencana (m ³ /dtk)				
	Rasional	Weduwen	Haspers	FSR Jawa Sumatra	HSS Gamma I
2 tahun	62,694	196,519	138,226	78,249	56,996
5 Tahun	79,242	248,389	174,71	95,366	79,412
10 Tahun	90,197	282,728	198,863	114,928	94,251
25 Tahun	104,043	326,13	229,39	143,66	113,007
50 Tahun	114,313	258,322	252,033	169,947	126,920
100 tahun	124,507	390,274	274,508	199,902	140,729
200 Tahun	134,667	422,123	296,909	245,139	154,492
1000 Tahun	158,364	496,403	349,156	286,098	186,593

Dari tabel di atas dapat diketahui hasil perhitungan debit dengan lima metode yang berbeda. Berdasarkan hasil perhitungan dan pertimbangan keamanan dan efisiensi serta ketidakpastian besarnya debit banjir yang terjadi di daerah tersebut, maka antara metode yang ada dipakai debit maksimum periode ulang 50 tahun. Karena keterbatasan data yang kami peroleh, dengan pertimbangan kelengkapan dan ketelitian hasil perhitungan serta lokasi embung yang berada di Kab. Boyolali, kami menentukan debit banjir rencana Metode HSS Gamma I yaitu 140,656 m³/dtk (HSS Gamma I : metode yang digunakan Prof. Sri Harto untuk menghitung debit banjir di P. Jawa, jadi cocok dalam perencanaan embung ini).

4.8 Analisis Kebutuhan Air

4.8.1 Kebutuhan Air Untuk Tanaman

Yaitu banyaknya air yang dibutuhkan tanaman untuk membuat jaring tanaman (batang dan daun) dan untuk diuapkan (evapotranspirasi), perkolasi, curah hujan, pengolahan lahan, dan pertumbuhan tanaman. Rumus seperti Persamaan 2.63 pada Bab II yaitu :

$$I_r = E_t + P - R_e + S$$

1. Evapotranspirasi

Besarnya evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan Metoda Penman yang dimodifikasi oleh Nedeco/Prosida seperti diuraikan dalam PSA – 010. Evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan rumus-rumus teoritis empiris dengan memperhatikan faktor-faktor meteorologi yang terkait seperti suhu udara, kelembaban, kecepatan angin dan penyinaran matahari.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Selanjutnya untuk mendapatkan harga evapotranspirasi harus dikalikan dengan koefisien tanaman tertentu. Sehingga evapotranspirasi sama dengan evapotranspirasi potensial hasil perhitungan Penman x *crop factor*. Dari harga evapotranspirasi yang diperoleh, kemudian digunakan untuk menghitung kebutuhan air bagi pertumbuhan dengan menyertakan data curah hujan efektif.

Data klimatologi untuk perhitungan evapotranspirasi Embung Pusporenggo disajikan pada Tabel 4.32 untuk Suhu Udara, Tabel 4.33 untuk Kecepatan Angin, Tabel 4.34 untuk Kelembaban Relatif dan Tabel 4.35 untuk Penyinaran Matahari 12 jam (%). Semua tabel untuk perhitungan evapotranspirasi dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4.32 Suhu Udara (Sumber : PSDA Jateng)

NO	Tahun	Bulan	Rata - Rata Suhu (° C)											
			Jan	Peb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2004		26,7	25,8	26,5	27,5	26,7	24,7	25,6	26,2	27,7	28,3	31,2	27,4
2	2005		31,5	27,3	19,8	27,2	27,7	27,8	26,2	26,1	27,3	26,9	27,2	26,0
3	2006		30,7	25,4	29,4	27,5	26,7	26,4	25,9	26,5	25,9	26,9	29,2	28,3
	Jumlah		88,9	78,5	75,7	82,2	81,1	78,9	77,7	78,8	80,9	82,1	87,6	81,7
	Rerata		29,6	26,2	25,2	27,4	27,0	26,3	25,9	26,3	27,0	27,4	29,2	27,2

Tabel 4.33 Kecepatan Angin (Sumber : PSDA Jateng)

NO	Tahun	Bulan	Rata - Rata Kecepatan Angin (km/jam) elevasi 0,50 m											
			Jan	Peb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2004		2,6	2,2	4,8	1,5	2,8	3,0	20,3	10,5	10,6	14,1	5,5	3,5
2	2005		5,7	1,9	1,8	2,5	1,2	1,5	6,4	11,1	12,3	12,2	12,8	4,7
3	2006		1,9	2,9	3,8	3,1	1,5	3,7	3,6	4,7	6,8	6,0	3,3	2,1
	Jumlah		10,2	7,0	10,4	7,0	5,5	8,3	30,2	26,3	29,7	32,3	21,6	10,3
	Rerata (km/jam)		3,4	2,3	3,5	2,3	1,8	2,8	10,1	8,8	9,9	10,8	7,2	3,4
	Rerata (m/dt)		0,9	0,6	1,0	0,7	0,5	0,8	2,8	2,4	2,7	3,0	2,0	1,0
	Elevasi 2m		1,2	0,8	1,2	0,8	0,6	0,9	3,4	3,0	3,4	3,6	2,4	1,2

Tabel 4.34 Kelembaban Relatif (Sumber : PSDA Jateng)

NO	Tahun	Bulan	Rata - Rata Kelembaban Relatif (%)											
			Jan	Peb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
1	2004		62,9	62,4	62,7	62,1	62,1	62,7	62,7	62,9	62,7	62,4	62,7	62,9
2	2005		62,6	62,4	62,6	61,9	62,9	62,0	62,0	62,8	62,6	62,4	62,5	62,7
3	2006		62,7	62,1	62,5	61,7	61,7	62,0	62,0	62,6	62,5	62,1	62,5	62,8
	Jumlah		188,2	186,9	187,8	185,7	186,7	186,7	186,7	188,3	187,8	186,9	187,7	188,4
	Rerata		62,7	62,3	62,6	61,9	62,2	62,2	62,2	62,8	62,6	62,3	62,6	62,8

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.35 Penyinaran Matahari (12 jam) (Sumber : PSDA Jateng)

NO	Tahun	Rata-Rata Penyinaran Matahari (%)											
	Bulan	Jan	Peb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2004	4,8	2,7	3,6	64,5	50,7	64,5	52,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	2005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	2006	3,2	4,3	2,9	5,1	5,7	7,1	7,2	6,7	8,1	6,7	6,9	6,7
	Jumlah	8,0	7,0	6,5	69,6	56,4	71,6	59,7	6,7	8,1	6,7	6,9	6,7
	Rerata	2,7	2,3	2,2	23,2	18,8	23,9	19,9	2,2	2,7	2,2	2,3	2,2

Dengan menggunakan rumus evapotranspirasi Penman Persamaan 2.64 Bab II, perhitungan evapotranspirasi Metode Penman dapat dilihat pada Tabel 4.37.

2. Perkolasi

Perkolasi adalah meresapnya air ke dalam tanah dengan arah vertikal ke bawah, dari lapisan tidak jenuh. Besarnya perkolasi dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, kedalaman air tanah dan sistem perakarannya. Koefisien perkolasi adalah sebagai berikut (Hadihardjaja dkk., 1997) :

a. Berdasarkan kemiringan :

- lahan datar = 1 mm/hari
- lahan miring > 5% = 2 – 5 mm/hari

b. Berdasarkan tekstur :

- berat (lempung) = 1 – 2 mm/hari
- sedang (lempung kepasiran) = 2 -3 mm/hari
- ringan = 3 – 6 mm/hari

Dari pedoman di atas dan berdasarkan pengamatan yang ada, areal lokasi proyek berupa tanah lempung berpasir , dengan demikian perkolasi dipakai 2 mm/hari.

3. Koefisien tanaman (Kc)

Besarnya koefisien tanaman (Kc) tergantung dari jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Pada perhitungan ini digunakan koefisien tanaman untuk padi dengan varietas biasa mengikuti ketentuan Nedeco/Prosida. Harga Koefisien

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tanaman Untuk Padi dan Palawija menurut Nedeco/Prosida dapat dilihat pada Tabel 2.12 pada Bab II.

4. Curah hujan efektif

Curah hujan untuk menghitung kebutuhan irigasi. Curah hujan efektif adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman. Besarnya koefisien curah hujan efektif untuk tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 2.13 pada Bab II.

Curah hujan (Re) dihitung dari data curah hujan rata-rata setengah bulanan yang selanjutnya diurutkan dari data terkecil hingga terbesar. Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan efektif adalah :

$$Re = \bar{X} - 0,842.Sd$$

$$Sd = \text{Standard deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}} = \text{Curah hujan bulanan rerata ke } i \text{ (mm)}$$

Perhitungan curah hujan efektif pada Tabel 4.36 sebagai berikut :

Tabel 4.36 Curah Hujan Efektif

Tahun	Rata-Rata Hujan Bulanan (mm)											
	Jan	Peb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sept	Okt	Nov	Des
1993	47	86	67	71	71	30	0	10	9	8	77	84
1994	48	65	90	36	17	8	0	0	0	7	83	91
1995	67	64	67	58	42	73	25	3	0	71	71	73
1996	77	82	119	48	82	13	32	10	0	112	119	102
1997	56	65	6	11	27	6	0	0	0	32	31	50
1998	73	82	76	83	56	54	58	36	38	54	94	99
1999	82	80	97	102	97	34	2	1	1	67	79	86
2000	101	80	78	79	40	27	1	42	78	106	136	76
2001	69	34	69	57	23	42	33	1	2	82	67	83
2002	62	56	52	74	47	8	3	0	0	0	112	97
2003	93	93	105	113	70	3	0	0	0	63	66	116
2004	96	64	108	92	65	16	37	1	0	0	0	55
Jumlah	873	850	935	823	638	313	191	105	127	602	936	1013
Maksimal	101	93	119	113	97	73	58	42	78	112	136	116
Rerata	73	71	78	69	53	26	16	9	11	50	78	84
x	73	71	78	69	53	26	16	9	11	50	78	84
SD	18,03	16,23	30,14	28,65	24,73	21,67	20,12	14,65	23,70	40,17	37,01	18,98
Re Bln	57,53	57,21	52,58	44,48	32,34	7,88	-1,03	-3,56	-9,35	16,36	46,82	68,48
Re Hr	1,86	2,04	1,70	1,48	1,04	0,26	-0,03	-0,11	-0,31	0,53	1,56	2,21

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Untuk tanaman palawija besarnya curah hujan efektif ditentukan dengan metode curah hujan bulanan yang dihubungkan dengan curah hujan rata-rata bulanan serta evapotranspirasi tanaman rata-rata bulanan berdasarkan Tabel 2.14 pada Bab II.

5. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan

a. 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 (Hadihardjaja dkk., 1997).

Untuk memudahkan perhitungan angka pengolahan tanah digunakan Tabel koefisien Van De Goor dan Zijlstra yang ditunjukkan seperti Tabel 2.15 Bab II, Koefisien Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan.

b. Pengolahan lahan untuk palawija

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan bagi palawija sebesar 50 mm selama 15 hari yaitu **3,33** mm/hari, yang digunakan untuk menggarap lahan yang ditanami dan untuk menciptakan kondisi lembab yang memadai untuk persemian yang baru tumbuh (Hadihardjaja dkk., 1997).

6. 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). Sedangkan kebutuhan air untuk pemberian pupuk pada tanaman apabila terjadi pengurangan air (sampai tingkat tertentu) pada petak sawah sebelum pemberian pupuk (Hadihardjaja dkk., 1997).

Perhitungan angka kebutuhan air untuk tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 4.38 dan angka kebutuhan air untuk tanaman palawija dapat dilihat pada Tabel 4.39.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.37 Perhitungan Evapotranspirasi Dengan Metode Penman

Dasar		Unit	Jan	Peb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	Suhu Udara	C	29,63	26,16	25,23	27,40	27,03	26,30	25,90	26,26	26,96	27,36	29,20	27,23	
2	Kelembaban Relatif	%	62,70	62,33	62,56	61,90	62,16	62,20	62,20	62,76	62,56	62,33	62,56	62,80	
3	Kecepatan Angin U2	m/dt	3,40	2,32	3,48	2,34	1,84	2,75	10,08	8,78	9,88	10,75	7,19	3,42	
4	Penyinaran Matahari (12 jam); Q1	%	2,66	2,33	2,16	23,20	18,80	23,86	19,90	2,23	2,70	2,23	2,30	2,23	
5	Lintang	Derajat LS	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	
Perhitungan															
6	Tabel 2 dan (1) $f(T_{ai}) \times 10^{-2}$		9,52	9,10	8,98	9,25	9,20	9,12	9,07	9,12	9,20	9,25	9,47	9,22	
7	Tabel 2 dan (1) $L^{-1} \times 10^2$		3,08	2,59	2,46	2,76	2,70	2,60	2,55	2,60	2,70	2,76	3,02	2,73	
8	Tabel 2 dan (1) $P_{zwa}.J_{sa}$	mmHg	31,10	25,60	24,03	27,37	26,74	25,74	25,08	25,74	26,74	27,37	30,38	27,05	
9	Tabel 2 dan (1)		2,28	2,00	1,92	2,09	2,06	2,01	1,98	2,01	2,06	2,09	2,25	2,08	
10	= (2) x (8) P_{zwa}	mmHg	19,50	15,96	15,03	16,94	16,62	16,01	15,60	16,15	16,73	17,06	19,01	16,99	
11	Tabel 3 dan (10) $f(T_{dp})$		0,153	0,186	0,195	0,177	0,180	0,186	0,190	0,184	0,179	0,171	0,157	0,176	
12	= (8) - (10) $P_{zwa}.J_{sa} - P_{zwa}$	mmHg	11,60	9,64	9,00	10,43	10,12	9,73	9,48	9,59	10,01	10,31	11,37	10,06	
13	Tabel 4 dan (3) $x f(U_2)$		0,401	0,299	0,410	0,299	0,259	0,346	1,012	0,901	1,003	1,087	0,752	0,401	
14	= (12) x (13)		4,65	2,88	3,69	3,12	2,62	3,37	9,59	8,64	10,04	11,21	8,55	4,04	
15	Tabel 5 dan (5) $caH_{sh} \times 10^{-2}$		9,12	9,16	8,90	8,32	7,64	7,25	7,37	7,95	8,59	8,99	9,08	9,06	
16	Tabel 6 dan (4) dan (5) $ash \times f^{\circ}$		0,20	0,20	0,20	0,28	0,28	0,20	0,28	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
17	(15) x (16)		1,86	1,83	1,78	2,35	2,15	1,45	2,08	1,59	1,72	1,80	1,82	1,82	
18	(6) x (1 - (4))		9,27	8,89	8,79	7,10	7,47	6,94	7,27	8,92	8,95	9,04	9,25	9,01	
19	$1 - \{(18)/10\}$		0,07	0,11	0,12	0,29	0,25	0,31	0,27	0,11	0,10	0,10	0,07	0,10	
20	(6) x (11) x (19)		0,11	0,19	0,21	0,47	0,42	0,52	0,47	0,18	0,17	0,15	0,11	0,16	
21	(17) - (20)		1,75	1,64	1,57	1,87	1,74	0,93	1,61	1,41	1,55	1,65	1,70	1,66	
22	(7) x (21)		5,40	4,26	3,86	5,17	4,69	2,42	4,10	3,66	4,17	4,55	5,15	4,52	
23	(14) + (22)		10,05	7,14	7,54	8,28	7,31	5,79	13,69	12,30	14,21	15,75	13,70	8,56	
24	(23) / (9) = Eto	mm/hr	4,41	3,57	3,93	3,96	3,55	2,88	6,92	6,12	6,90	7,54	6,09	4,11	
Jumlah Hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Evapotranspirasi (Eto)			mm/bln	136,69	99,97	121,81	118,92	109,96	86,40	214,37	189,67	207,00	233,65	182,69	127,52

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.38 Kebutuhan Air Untuk Tanaman Padi

KebutuhanTanaman Padi			Unit	Jan	Peb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
Evapotranspirasi (Eto)			mm/hr	4,41	3,57	3,93	3,96	3,55	2,88	6,92	6,12	6,9	7,54	6,09	4,11	
Evaporasi Terbuka (Eo)	1,1 * Eto		mm/hr	4,85	3,93	4,32	4,36	3,91	3,17	7,61	6,73	7,59	8,29	6,70	4,52	
Perkolasi	P		mm/hr	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Eo + P	(1) + (2)		mm/hr	6,85	5,93	6,32	6,36	5,91	5,17	9,61	8,73	9,59	10,29	8,70	6,52	
Hujan Efektif	20% kering (mm/hr)		mm/hr	1,86	2,04	1,70	1,48	1,04	0,26	0,14	0,00	0,00	0,53	1,56	2,43	
	1	0,18	mm/hr	0,33	0,33	0,31	0,27	0,19	0,05	0,03	0,00	0,00	0,10	0,28	0,44	
C Hujan Efektif	2	0,53	mm/hr	0,99	1,08	0,90	0,78	0,55	0,14	0,07	0,00	0,00	0,28	0,83	1,29	
Tanaman Padi	3	0,55	HUJAN	mm/hr	1,02	1,12	0,94	0,81	0,57	0,14	0,08	0,00	0,29	0,86	1,34	
Golongan 2	4	0,4	EFEKTIF	mm/hr	0,74	0,82	0,68	0,59	0,42	0,10	0,06	0,00	0,21	0,62	0,97	
	5	0,4	Re=Hjn*FH	mm/hr	0,74	0,82	0,68	0,59	0,42	0,10	0,06	0,00	0,21	0,62	0,97	
	6	0,4		mm/hr	0,74	0,82	0,68	0,59	0,42	0,10	0,06	0,00	0,21	0,62	0,97	
	7	0,4		mm/hr	0,74	0,82	0,68	0,59	0,42	0,10	0,06	0,00	0,21	0,62	0,97	
	8	0,2		mm/hr	0,37	0,41	0,34	0,30	0,21	0,05	0,03	0,00	0,11	0,31	0,49	
	9	-		mm/hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1	1,2		mm/hr	5,29	4,28	4,72	4,75	4,26	3,46	8,30	7,34	8,28	9,05	7,31	4,93
KOEFISIEN	2	1,2	Evapotranspirasi	mm/hr	5,29	4,28	4,72	4,75	4,26	3,46	8,30	7,34	8,28	9,05	7,31	4,93
TANAMAN	3	1,32	Etc = Eto * Kt	mm/hr	5,82	4,71	5,19	5,23	4,69	3,80	9,13	8,08	9,11	9,95	8,04	5,43
(Kt)	4	1,4		mm/hr	6,17	5,00	5,50	5,54	4,97	4,03	9,69	8,57	9,66	10,56	8,53	5,75
	5	1,35		mm/hr	5,95	4,82	5,31	5,35	4,79	3,89	9,34	8,26	9,32	10,18	8,22	5,55
	6	1,24		mm/hr	5,47	4,43	4,87	4,91	4,40	3,57	8,58	7,59	8,56	9,35	7,55	5,10
	7	1,12		mm/hr	4,94	4,00	4,40	4,44	3,98	3,23	7,75	6,85	7,73	8,44	6,82	4,60
	8	-		mm/hr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PENGOLAHAN TANAH																
Kebutuhan Air 250 mm selama 30 hari																
2 minggu ke 1	Lp			mm/hr	12,22	11,65	11,89	11,91	11,63	11,18	14,04	13,45	14,03	14,51	13,43	12,01
	Lp - Re1			mm/hr	11,89	11,31	11,58	11,65	11,44	11,14	14,02	13,45	14,03	14,42	13,15	11,58

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

	(Lp – Re1)*0,116			lt/det/ha	1,38	1,31	1,34	1,35	1,33	1,29	1,63	1,56	1,63	1,67	1,52	1,34
	(Lp – Re1)*1,25			lt/det/ha	1,72	1,64	1,68	1,69	1,66	1,61	2,03	1,95	2,03	2,09	1,91	1,68
	(Lp – Re1)*1,15			lt/det/ha	1,98	1,89	1,93	1,94	1,91	1,86	2,34	2,24	2,34	2,40	2,19	1,93
	(Lp – Re1)*1,10			lt/det/ha	2,18	2,07	2,12	2,14	2,10	2,04	2,57	2,47	2,57	2,64	2,41	2,12
2 minggu ke 2	Lp			mm/hr	12,22	11,65	11,89	11,91	11,63	11,18	14,04	13,45	14,03	14,51	13,43	12,01
	Lp - Re2			mm/hr	11,24	10,56	10,99	11,13	11,08	11,04	13,97	13,45	14,03	14,23	12,60	10,73
	(Lp – Re2)*0,116			lt/det/ha	1,30	1,23	1,27	1,29	1,29	1,28	1,62	1,56	1,63	1,65	1,46	1,24
	(Lp – Re2)*1,25			lt/det/ha	1,63	1,53	1,59	1,61	1,61	1,60	2,03	1,95	2,03	2,06	1,83	1,56
	(Lp – Re2)*1,15			lt/det/ha	1,87	1,76	1,83	1,86	1,85	1,84	2,33	2,24	2,34	2,37	2,10	1,79
	(Lp – Re2)*1,10			lt/det/ha	2,06	1,94	2,02	2,04	2,03	2,03	2,56	2,47	2,57	2,61	2,31	1,97
PERTUMBUHAN				Unit	Jan	Peb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
Kebutuhan Penggantian Air Genangan (W) =		3,33	(mm/hr)													
2 minggu ke 1	Etc1 - Re3+P+W			mm/hr	9,60	8,49	9,11	9,27	9,02	8,64	13,56	12,67	13,61	14,09	11,78	8,93
	(Etc1 - Re3+P+W)*0,116			lt/det/ha	1,11	0,99	1,06	1,08	1,05	1,00	1,57	1,47	1,58	1,63	1,37	1,04
	(Etc1 - Re3+P+W)*1,25			lt/det/ha	1,39	1,23	1,32	1,34	1,31	1,25	1,97	1,84	1,97	2,04	1,71	1,29
	(Etc1 - Re3+P+W)*1,15			lt/det/ha	1,60	1,42	1,52	1,55	1,50	1,44	2,26	2,11	2,27	2,35	1,96	1,49
	(Etc1 - Re3+P+W)*1,10			lt/det/ha	1,76	1,56	1,67	1,70	1,65	1,59	2,49	2,32	2,50	2,58	2,16	1,64
2 minggu ke 2	Etc2 - Re4+P+W			mm/hr	9,88	8,80	9,37	9,49	9,17	8,68	13,58	12,67	13,61	14,17	12,01	9,29
	(Etc2 - Re4+P+W)*0,116			lt/det/ha	1,15	1,02	1,09	1,10	1,06	1,01	1,58	1,47	1,58	1,64	1,39	1,08
	(Etc2 - Re4+P+W)*1,25			lt/det/ha	1,43	1,28	1,36	1,38	1,33	1,26	1,97	1,84	1,97	2,05	1,74	1,35
	(Etc2 - Re4+P+W)*1,15			lt/det/ha	1,65	1,47	1,56	1,58	1,53	1,45	2,26	2,11	2,27	2,36	2,00	1,55
	(Etc2 - Re4+P+W)*1,10			lt/det/ha	1,81	1,61	1,72	1,74	1,68	1,59	2,49	2,32	2,50	2,60	2,20	1,70
2 minggu ke 3	Etc3 - Re5+P+W			mm/hr	10,41	9,23	9,84	9,97	9,60	9,03	14,41	13,41	14,44	15,07	12,74	9,78
	(Etc3 - Re5+P)*0,116			lt/det/ha	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,18	0,17	0,18	0,19	0,16	0,13
	(Etc3 - Re5+P)*1,25			lt/det/ha	0,17	0,15	0,16	0,16	0,15	0,15	0,23	0,21	0,23	0,24	0,20	0,16
	(Etc3 - Re5+P)*1,15			lt/det/ha	0,19	0,17	0,18	0,18	0,18	0,17	0,26	0,25	0,26	0,27	0,23	0,18
	(Etc3 - Re5+P)*1,10			lt/det/ha	0,21	0,19	0,20	0,20	0,20	0,18	0,29	0,27	0,29	0,30	0,26	0,20
2 minggu ke 4	Etc4 - Re6+P+W			mm/hr	10,76	9,51	10,15	10,28	9,88	9,26	14,96	13,90	14,99	15,67	13,23	10,11
	(Etc4 - Re6+P+W)*0,116			lt/det/ha	1,25	1,10	1,18	1,19	1,15	1,07	1,74	1,61	1,74	1,82	1,53	1,17
	(Etc4 - Re6+P+W)*1,25			lt/det/ha	1,56	1,38	1,47	1,49	1,43	1,34	2,17	2,02	2,17	2,27	1,92	1,47

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

	(Etc4 - Re6+P+W)*1,15			lt/det/ha	1,79	1,59	1,69	1,71	1,65	1,54	2,49	2,32	2,50	2,61	2,21	1,69
	(Etc4 - Re6+P+W)*1,10			lt/det/ha	1,97	1,74	1,86	1,89	1,81	1,70	2,74	2,55	2,75	2,88	2,43	1,85
2 minggu ke 5	Etc5 - Re7+P+W			mm/hr	10,54	9,33	9,96	10,08	9,71	9,11	14,62	13,59	14,65	15,30	12,93	9,91
	(Etc5 - Re7+P)*0,116			lt/det/ha	1,22	1,08	1,15	1,17	1,13	1,06	1,70	1,58	1,70	1,77	1,50	1,15
	(Etc5 - Re7+P)*1,25			lt/det/ha	1,53	1,35	1,44	1,46	1,41	1,32	2,12	1,97	2,12	2,22	1,87	1,44
	(Etc5 - Re7+P)*1,15			lt/det/ha	1,76	1,56	1,66	1,68	1,62	1,52	2,44	2,27	2,44	2,55	2,16	1,65
	(Etc5 - Re7+P)*1,10			lt/det/ha	1,93	1,71	1,83	1,85	1,78	1,67	2,68	2,49	2,69	2,81	2,37	1,82
2 minggu ke 6	Etc6 - Re8+P			mm/hr	7,10	6,02	6,53	6,61	6,19	5,52	10,55	9,59	10,56	11,24	9,24	6,61
	(Etc6 - Re8+P)*0,116			lt/det/ha	0,82	0,70	0,76	0,77	0,72	0,64	1,22	1,11	1,22	1,30	1,07	0,77
	(Etc6 - Re8+P)*1,25			lt/det/ha	1,03	0,87	0,95	0,96	0,90	0,80	1,53	1,39	1,53	1,63	1,34	0,96
	(Etc6 - Re8+P)*1,15			lt/det/ha	1,18	1,00	1,09	1,10	1,03	0,92	1,76	1,60	1,76	1,87	1,54	1,10
	(Etc6 - Re8+P)*1,10			lt/det/ha	1,30	1,10	1,20	1,21	1,14	1,01	1,94	1,76	1,94	2,06	1,69	1,21

Keterangan :

Angka 0,116 = angka konversi dari mm/hari menjadi ltr/dtk/ha

Angka 1,250 = efisiensi irigasi (kehilangan air di saluran tersier petak sawah 20%)

Angka 1,150 = efisiensi irigasi (kehilangan air di saluran sekunder petak sawah 13%)

Angka 1,100 = efisiensi irigasi (kehilangan air di saluran primer 10%)

(Sumber : PSA 0-10)

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.39 Kebutuhan Air Tanaman Palawija

Dasar			Unit	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
Evaporasi Aktual		Eto	mm/hari	4,41	3,57	3,93	3,96	3,55	2,88	6,92	6,12	6,9	7,54	6,09	4,11
Eto Bulanan	(1)x(31/30)		mm/bulan	136,71	99,96	121,83	118,80	110,05	86,40	214,52	189,72	207,00	233,74	182,70	127,41
Hujan 20 % kering		R1/5	mm/hr	1,86	2,04	1,70	1,48	1,04	0,26	0,14	0,00	0,00	0,53	1,56	2,43
Hujan Efektif bulanan	(3)x(31/30)		mm/bulan	57,66	57,12	52,7	44,4	32,24	7,8	4,34	0	0	16,43	46,8	75,33
Faktor Tampung		S		1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Hujan Ef Bln Terkoreksi	(4)x(5)			61,70	61,12	56,39	47,51	34,50	8,35	4,64	0,00	0,00	17,58	50,08	80,60
Perkolasi		P	mm/hari	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
M = Eo +p	(1) + (7)		mm/hari	6,41	5,57	5,93	5,96	5,55	4,88	8,92	8,12	8,9	9,54	8,09	6,11
Re terkoreksi	(6)/(31/30)		mm/hari	1,99	2,18	1,82	1,58	1,11	0,28	0,15	0,00	0,00	0,57	1,67	2,60
	Kc		1/2 bulan ke												
	0,5	1,00	mm/hari	2,21	1,79	1,97	1,98	1,78	1,44	3,46	3,06	3,45	3,77	3,05	2,06
KOEFISIEN TANAMAN	0,59	2,00	mm/hari	2,60	2,11	2,32	2,34	2,09	1,70	4,08	3,61	4,07	4,45	3,59	2,42
Palawija (Kc)	0,96	Etc=	3,00	4,23	3,43	3,77	3,80	3,41	2,76	6,64	5,88	6,62	7,24	5,85	3,95
	1,05	Kc x Eto	4,00	4,63	3,75	4,13	4,16	3,73	3,02	7,27	6,43	7,25	7,92	6,39	4,32
	1,02		5,00	4,50	3,64	4,01	4,04	3,62	2,94	7,06	6,24	7,04	7,69	6,21	4,19
	0,95		6,00	4,19	3,39	3,73	3,76	3,37	2,74	6,57	5,81	6,56	7,16	5,79	3,90
PENGOLAHAN TANAH															
Kebutuhan Air 50 mm selama 15 hari															
	Lp		mm/hr	9,74	8,9	9,26	9,29	8,88	8,21	12,25	11,45	12,23	12,87	11,42	9,44
	Lp – Re		mm/hr	7,75	6,72	7,44	7,71	7,77	7,93	12,10	11,45	12,23	12,30	9,75	6,84
	(Lp - Re)*0.116		lt/det/ha	0,90	0,78	0,86	0,89	0,90	0,92	1,40	1,33	1,42	1,43	1,13	0,79
	(Lp - Re)*1.25		lt/det/ha	1,12	0,97	1,08	1,12	1,13	1,15	1,75	1,66	1,77	1,78	1,41	0,99
	(Lp - Re)*1.15		lt/det/ha	1,40	1,22	1,35	1,40	1,41	1,44	2,19	2,08	2,22	2,23	1,77	1,24
	(Lp - Re)*1.10		lt/det/ha	1,55	1,34	1,48	1,54	1,55	1,58	2,41	2,28	2,44	2,45	1,94	1,36
PERTUMBUHAN															
2 minggu ke 1	Etc1 – Re		mm/hr	0,21	-0,40	0,15	0,40	0,66	1,16	3,31	3,06	3,45	3,20	1,38	-0,55

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

	(Etc1 - Re)*0,116		lt/det/ha	0,02	-0,05	0,02	0,05	0,08	0,13	0,38	0,35	0,40	0,37	0,16	-0,06
	(Etc1 - Re)*1,25		lt/det/ha	0,03	-0,06	0,02	0,06	0,10	0,17	0,48	0,44	0,50	0,46	0,20	-0,08
	(Etc1 - Re)*1,15		lt/det/ha	0,04	-0,07	0,02	0,07	0,11	0,19	0,55	0,51	0,58	0,53	0,23	-0,09
	(Etc1 - Re)*1,10		lt/det/ha	0,04	-0,07	0,03	0,07	0,12	0,21	0,61	0,56	0,63	0,59	0,25	-0,10
2 minggu ke 2	Etc2 - Re		mm/hr	0,61	-0,08	0,50	0,75	0,98	1,42	3,93	3,61	4,07	3,88	1,92	-0,18
	(Etc2 - Re)*0,116		lt/det/ha	0,07	-0,01	0,06	0,09	0,11	0,16	0,46	0,42	0,47	0,45	0,22	-0,02
	(Etc2 - Re)*1,25		lt/det/ha	0,09	-0,01	0,07	0,11	0,14	0,21	0,57	0,52	0,59	0,56	0,28	-0,03
	(Etc2 - Re)*1,15		lt/det/ha	0,10	-0,01	0,08	0,13	0,16	0,24	0,66	0,60	0,68	0,65	0,32	-0,03
	(Etc2 - Re)*1,10		lt/det/ha	0,11	-0,01	0,09	0,14	0,18	0,26	0,72	0,66	0,75	0,71	0,35	-0,03
2 minggu ke 3	Etc3 - Re		mm/hr	2,24	1,24	1,95	2,22	2,30	2,49	6,49	5,88	6,62	6,67	4,18	1,35
	(Etc3 - Re)*0,116		lt/det/ha	0,26	0,14	0,23	0,26	0,27	0,29	0,75	0,68	0,77	0,77	0,48	0,16
	(Etc3 - Re)*1,25		lt/det/ha	0,33	0,18	0,28	0,32	0,33	0,36	0,94	0,85	0,96	0,97	0,61	0,20
	(Etc3 - Re)*1,15		lt/det/ha	0,37	0,21	0,33	0,37	0,38	0,41	1,08	0,98	1,10	1,11	0,70	0,22
	(Etc3 - Re)*1,10		lt/det/ha	0,41	0,23	0,36	0,41	0,42	0,46	1,19	1,08	1,22	1,22	0,77	0,25
2 minggu ke 4	Etc4 - Re		mm/hr	2,64	1,57	2,31	2,57	2,61	2,75	7,12	6,43	7,25	7,35	4,73	1,72
	(Etc4 - Re)*0,116		lt/det/ha	0,31	0,18	0,27	0,30	0,30	0,32	0,83	0,75	0,84	0,85	0,55	0,20
	(Etc4 - Re)*1,25		lt/det/ha	0,38	0,23	0,33	0,37	0,38	0,40	1,03	0,93	1,05	1,07	0,69	0,25
	(Etc4 - Re)*1,15		lt/det/ha	0,44	0,26	0,38	0,43	0,44	0,46	1,19	1,07	1,21	1,23	0,79	0,29
	(Etc4 - Re)*1,10		lt/det/ha	0,48	0,29	0,42	0,47	0,48	0,50	1,31	1,18	1,33	1,35	0,87	0,31
2 minggu ke 5	Etc5 - Re		mm/hr	2,51	1,46	2,19	2,46	2,51	2,66	6,91	6,24	7,04	7,12	4,54	1,59
	(Etc5 - Re)*0,116		lt/det/ha	0,29	0,17	0,25	0,28	0,29	0,31	0,80	0,72	0,82	0,83	0,53	0,18
	(Etc5 - Re)*1,25		lt/det/ha	0,36	0,21	0,32	0,36	0,36	0,39	1,00	0,91	1,02	1,03	0,66	0,23
	(Etc6 - Re)*1,15		lt/det/ha	0,42	0,24	0,37	0,41	0,42	0,44	1,15	1,04	1,17	1,19	0,76	0,27
	(Etc6 - Re)*1,10		lt/det/ha	0,46	0,27	0,40	0,45	0,46	0,49	1,27	1,15	1,29	1,31	0,83	0,29
2 minggu ke 6	Etc6 - Re		mm/hr	2,20	1,21	1,91	2,18	2,26	2,46	6,42	5,81	6,56	6,60	4,12	1,30
	(Etc6 - Re)*0,116		lt/det/ha	0,26	0,14	0,22	0,25	0,26	0,29	0,75	0,67	0,76	0,77	0,48	0,15
	(Etc6 - Re)*1,25		lt/det/ha	0,32	0,18	0,28	0,32	0,33	0,36	0,93	0,84	0,95	0,96	0,60	0,19

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

	(Etc6 - Re)*1,15			lt/det/ha	0,37	0,20	0,32	0,36	0,38	0,41	1,07	0,97	1,09	1,10	0,69	0,22
	(Etc6 - Re)*1,10			lt/det/ha	0,40	0,22	0,35	0,40	0,41	0,45	1,18	1,07	1,20	1,21	0,76	0,24

Keterangan :

Angka 0,116 = angka konversi dari mm/hari menjadi ltr/dtk/ha

Angka 1,250 = efisiensi irigasi (kehilangan air di saluran tersier petak sawah 20%)

Angka 1,150 = efisiensi irigasi (kehilangan air di saluran sekunder petak sawah 13%)

Angka 1,100 = efisiensi irigasi (kehilangan air di saluran primer 10%)

(Sumber : PSA 0-10)

4.8.2 Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Yaitu kebutuhan air yang digunakan untuk menentukan pola tanaman untuk menentukan tingkat efisiensi saluran irigasi sehingga didapat kebutuhan air untuk masing-masing jaringan (Ditjen Pengairan, 1985). Perhitungan kebutuhan air irigasi ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya debit yang akan dipakai untuk mengairi daerah irigasi. Kebutuhan air irigasi ditunjukkan pada Tabel 4.40.

1. Pola tanaman dan perencanaan tata tanam

Pola tanam adalah suatu pola penanaman jenis tanaman selama satu tahun yang merupakan kombinasi urutan penanaman. Rencana pola dan tata tanam dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta menambah intensitas luas tanam. Suatu daerah irigasi pada umumnya mempunyai pola tanam tertentu, tetapi bila tidak ada pola yang bisa pada daerah tersebut direkomendasikan pola tanaman padi-padi-palawija. 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 (Ditjen Pengairan, 1985).

2. Efisiensi irigasi

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 sadap liar. Besarnya angka efisiensi tergantung pada penelitian lapangan pada daerah irigasi. Pada perencanaan jaringan irigasi, tingkat efisiensi ditentukan menurut PSA yaitu 0-10 Ditjen Pengairan Tahun 1985 yaitu sebagai berikut :

- Kehilangan air pada saluran primer adalah 5 – 10 %, diambil 10%
Faktor koefisien 1,10
- Kehilangan air pada saluran sekunder adalah 10 – 15 %, diambil 13 %
Faktor koefisien 1,15
- Kehilangan air pada saluran tersier adalah 20 – 25 %, diambil 20 %
Faktor koefisien 1,25

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.40 Pola Tanam Secara Teoritis

Uraian	Okt		Nov		Des		Jan		Feb		Mrt		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep	
	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																LP
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	
Kebutuhan Air																								
Kebutuhan Air (lt/det/ha)	2,09	2,06	1,71	1,74	0,16	1,47	1,53	1,03	1,64	1,53	1,32	1,36	0,16	1,49	1,41	0,90	1,15	0,17	0,57	0,94	0,93	0,91	0,95	0,00
S = Sawah	2,09	2,06	1,71	1,74	0,16	1,47	1,53	1,03	1,64	1,53	1,32	1,36	0,16	1,49	1,41	0,90	1,15	0,17	0,57	0,94	0,93	0,91	0,95	0,00
T = Sekunder = S * 1,15	2,40	2,37	1,96	2,00	0,18	1,69	1,76	1,18	1,89	1,76	1,52	1,56	0,18	1,71	1,62	1,03	1,44	0,19	0,66	1,08	1,07	1,04	1,09	2,34
S = Primer = T * 1,11	2,64	2,61	2,16	2,20	0,20	1,85	1,93	1,30	2,07	1,94	1,67	1,72	0,20	1,89	1,78	1,14	1,58	0,21	0,72	1,19	1,18	1,15	1,20	2,57
Luas Areal = 50 ha																								
Q Kebutuhan (m ³ /det)	0,10	0,10	0,09	0,09	0,01	0,07	0,08	0,05	0,08	0,08	0,07	0,07	0,01	0,07	0,07	0,05	0,06	0,01	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00

4.8.3 Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku meliputi kebutuhan air domestik, non domestik dan industri. Kebutuhan air ini sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kategori daerah. Penduduk desa kebutuhan air baku akan lebih kecil dibanding dengan kebutuhan air baku penduduk kota. Kota kecil kebutuhan air baku akan lebih kecil dibanding dengan kebutuhan air baku penduduk kota besar. Sebagai dasar perhitungan kebutuhan air baku adalah :

1. Keputusan Direktur Cipta Karya Nomor :198/KPTS/CK/1990 tentang Petunjuk Teknis Pembangunan Sarana Penyediaan Air Bersih dan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
2. Periode perencanaan didasarkan pada proyeksi penduduk sampai tahun 2031 dengan tingkat pertumbuhan disesuaikan daerah perencanaan tiap tahun.
3. Sumber air yang paling memenuhi syarat ditinjau dari kualitas, kuantitas dan efisiensi.

Tabel 4.41 Kriteria Perencanaan Sistem Penyediaan Air Baku

No	Uraian	Kriteria	Satuan
1	Cakupan Pelayanan SR : HU	70% : 30%	
2	Kebutuhan air rumah tangga	80	ltr/orang/hari
3	Kebutuhan air hidran umum	30	ltr/orang/hari
4	Periode perencanaan	25	tahun
5	Efisiensi	90%	

Dalam perencanaan kebutuhan air baku hanya menitikberatkan pada sektor domestik dikarenakan jumlah debit andalan yang tidak cukup besar. Analisis sektor domestik merupakan aspek penting dalam menganalisis kebutuhan penyediaan air bersih di masa mendatang. Analisis sektor domestik untuk masa mendatang dilaksanakan dengan dasar analisis pertumbuhan penduduk pada wilayah yang direncanakan.

1. Analisis pertumbuhan penduduk

Data yang digunakan dalam menganalisis pertumbuhan penduduk di sejumlah desa yang akan terlayani kebutuhan air baku dari Embung Pusporenggo ini seperti ditunjukkan pada Tabel 4.42 berikut :

Tabel 4.42 Jumlah Penduduk Yang Akan Dilayani di Kec. Mojosongo
(BPS Jateng, Boyolali dalam angka Tahun 2006)

No	Desa	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan
		(jiwa)	(%)
1	Pusporenggo	2747	0,18
2	Kemiri	5625	0,48
3	Karangnongko	2850	-0,11
4	Jurug	3858	-0,18
Jumlah Total		15080	
Pertumbuhan Penduduk			0,37

Dari data tersebut di atas dilanjutkan dengan analisis pertumbuhan penduduk sehingga didapatkan proyeksi jumlah penduduk (Persamaan 2.62 Bab II) pada 25 tahun mendatang sebagai berikut :

1. Metode *Geometrical Increase*

$$P_n = P_o \times (1 + r)^n$$

Dari data diatas didapat :

$$P_o = 15.080 \text{ jiwa}$$

$$r = 0,37 \%$$

Sehingga didapatkan proyeksi jumlah penduduk sebagai berikut :

$$P_n = 15.080 \times (1 + 0,0037)^{25}$$

$$= 16.539 \text{ jiwa}$$

Dari hasil analisis di atas, proyeksi jumlah penduduk 25 tahun mendatang adalah 16.539 jiwa, kondisi ini masih perlu dikalikan 0,7 dari jumlah penduduk karena cakupan pelayanan SR sebesar 70 %. Jadi jumlah penduduk yang akan dilayani adalah sebesar 11.577 jiwa dan sisa jumlah penduduk lainnya akan dilayani melalui hidran umum (HU).

2. Analisis kebutuhan air bersih

Untuk kebutuhan rumah tangga adalah 80 ltr/orang/hari selama 24 jam dan untuk hidran umum adalah 30 ltr/orang/hari. Kebutuhan air baku yang berdasar hubungan jumlah penduduk yang dilayani (Tabel 4.43) untuk rumah tangga dan hidran umum disajikan pada Tabel 4.44. Dan total kebutuhan air disajikan pada Tabel 4.45.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.43 Hubungan Jumlah Penduduk Dengan Tingkat Pelayanan

Jumlah penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (liter/orang/hari)
> 1.000.000	190
500.000 - 1.000.000	170
100.000 - 500.000	130
20.000 - 100.000	100
10.000 - 20.000	80
< 10.000	30

Tabel 4.44 Kebutuhan Air Baku

Fasilitas	Jumlah	Konsumsi Rata-Rata	Jumlah Pemakaian	Jumlah Pemakaian
		(liter/orang/hari)	(liter/hari)	(liter/detik)
Rumah Tangga (SR terlayani)	11577	80	926160	10,72
Hidran Umum (HU=30% * SR)	4962	30	148860	1,72
Jumlah Kebutuhan Air Baku (liter/detik)				12,44
Jumlah Kebutuhan Air Baku Dengan Efisiensi 90% (m ³ /detik)				0,01

Tabel 4.45 Total Kebutuhan Air Embung Pusporenggo

Bulan	Periode	Air Irigasi	Air Baku	Total
		(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)
Januari	I	0,06	0,01	0,07
	II	0,04	0,01	0,05
Pebruari	I	0,07	0,01	0,08
	II	0,06	0,01	0,07
Maret	I	0,05	0,01	0,06
	II	0,05	0,01	0,06
April	I	0,01	0,01	0,02
	II	0,06	0,01	0,07
Mei	I	0,06	0,01	0,07
	II	0,04	0,01	0,05
Juni	I	0,05	0,01	0,06
	II	0,01	0,01	0,02
Juli	I	0,02	0,01	0,03
	II	0,04	0,01	0,05
Agustus	I	0,04	0,01	0,05
	II	0,04	0,01	0,05
Sepember	I	0,04	0,01	0,05
	II	0,00	0,01	0,01
Oktober	I	0,08	0,01	0,09
	II	0,08	0,01	0,09
Nopember	I	0,07	0,01	0,08
	II	0,07	0,01	0,08
Desember	I	0,01	0,01	0,02
	II	0,06	0,01	0,07

4.9 Perhitungan Debit Andalan

Perhitungan debit andalan bertujuan untuk menentukan areal persawahan yang dapat diairi. Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr.F.J. Mock. Metode ini digunakan untuk menghitung harga debit bulanan, evapotranspirasi, kelembaban air tanah, dan tampungan air tanah. Metode ini dihitung berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Perhitungan debit andalan meliputi :

1. Data curah hujan

Untuk perhitungan debit andalan digunakan curah hujan bulanan dengan metode *Basic Year* pada data ke-m di mana :

$$\begin{aligned} m &= (0,20 \times n) && (n = \text{jumlah data}) \\ &= 0,20 \times 14 = 2,8 \approx 3 \end{aligned}$$

di mana :

n = Jumlah data

m = Tahun yang digunakan sebagai acuan perhitungan debit andalan

Tabel 4.46 Rata-Rata Curah Hujan Bulanan dan Hari Hujan

Tahun	Bulan dalam Setahun												Rh Total
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1997	278	281	68	76	88	38	0	0	0	125	187	286	1427
HH	19	17	7	6	8	4	0	0	0	10	12	17	
2006	358	365	311	130	77	16	0	0	0	5	153	234	1651
HH	11	9	9	3	8	1	0	0	0	1	5	6	
2005	239	279	350	78	76	158	25	0	38	66	109	366	1784
HH	11	12	9	7	4	7	1	0	3	4	5	15	
1994	278	295	299	160	110	44	0	0	0	51	322	344	1904
HH	20	18	17	11	11	6	0	0	0	4	18	19	
2002	294	256	223	218	147	50	8	0	0	0	395	441	2031
HH	20	18	15	11	8	7	3	0	0	0	16	21	
2004	413	321	488	376	282	103	70	2	0	0	0	0	2055
HH	18	17	14	14	11	8	3	1	0	0	0	0	
2001	324	241	320	215	85	137	100	3	4	182	262	287	2161
HH	19	20	14	11	9	7	7	3	1	14	18	18	
1993	286	352	327	256	221	95	0	46	63	59	223	265	2194
HH	19	19	17	12	14	9	0	6	9	10	16	14	
1995	297	333	296	257	162	149	85	10	0	189	263	273	2314
HH	22	16	15	14	10	10	6	4	0	17	19	20	
1999	380	323	397	427	235	108	14	5	3	153	224	283	2552
HH	15	18	16	18	7	3	5	2	1	15	15	15	
2003	336	407	439	426	224	15	0	0	0	207	231	327	2612
HH	19	17	15	15	10	4	0	0	0	13	19	18	
2000	440	356	322	299	207	128	4	87	130	262	375	324	2932
HH	19	17	14	11	9	6	2	9	13	19	19	19	
1996	430	455	430	240	212	73	102	27	0	340	408	322	3039
HH	21	21	16	16	8	6	8	5	0	18	21	18	
1998	336	353	337	351	277	164	140	137	174	255	410	513	3447
HH	18	15	12	11	13	7	8	9	8	16	16	20	

2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas dihitung dari evapotranspirasi potensial Metode Penman. Rumus yang digunakan Persamaan. 2.50 dan Persamaan 2.51 Bab II.

Tabel 4.47 Nilai Prosentase Lahan

m (%)	Keterangan
0	Lahan dengan hutan lebat
0	Lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10 % setiap bulan kering berikutnya
10 – 30	Lahan yang tererosi
30 - 50	Lahan pertanian yang diolah (misal : sawah dan ladang)

Diambil persentase lahan 20 % - 40 % karena bermacam-macam jenis.

3. Keseimbangan air (*water balance*)

Perkiraan kapasitas kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*) diperlukan pada saat dimulainya simulasi, dan besarnya tergantung dari kondisi porositas lapisan atas daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 s/d 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m². Jika porositas tanah lapisan atas tersebut makin besar, maka kapasitas kelembaban tanah akan besar pula. Untuk SMC direncana Embung Pusporenggo diambil 150 mm. Dengan asumsi di DAS rencana Embung Pusporenggo terdapat sedikit kandungan pasir yang tidak begitu porous. Rumus tentang air hujan yang mencapai permukaan tanah seperti pada Persamaan 2.52 s/d Persamaan 2.54 Bab II.

4. Limpasan (*run off*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*)

Di DAS Embung Pusporenggo berdasarkan pengamatan kondisi tanahnya tidak begitu porous karena mengandung sedikit pasir dan daerahnya yang cukup terjal, maka untuk harga koefisien infiltrasi (I) untuk DAS Embung Pusporenggo ditaksir sebesar 0,40. Di DAS Embung Pusporenggo berdasarkan pengamatan untuk kondisi geologi lapisan bawah tidak begitu porous dan dapat tembus air karena masih mengandung pasir, di mana pada musim kemarau hanya ada sedikit air di sungai. Maka untuk permulaan simulasi penyimpanan awal $V(n-1)$ di DAS Embung Pusporenggo diambil sebesar 300 mm (pada saat mulai perhitungan). Rumus yang digunakan Persamaan 2.55 dan Persamaan 2.56 Bab II.

5. Aliran sungai

Luas DAS Sungai Gandul adalah 23,759 km².

Aliran dasar / Base flow = Infiltrasi – dV(n)

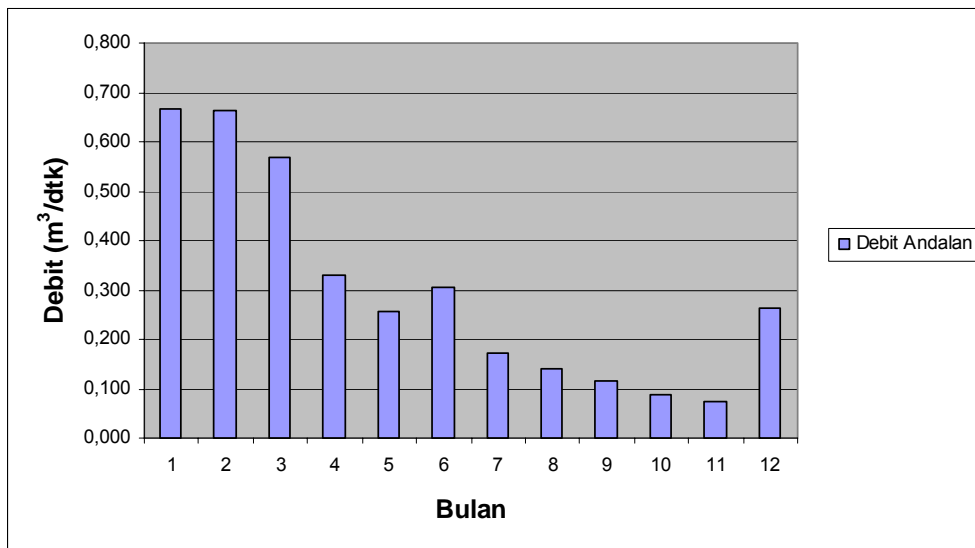
Aliran permukaan / D(ro) = WS – Infiltrasi

Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar

Run Off = D(ro) + aliran dasar

Debit = (aliran sungai x luas DAS)/dt dlm sebulan

Hasil debit andalan dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan disajikan pula pada Tabel 4.48.



Gambar 4.3 Grafik Debit Andalan

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.48 Perhitungan Debit Andalan Metode F J. Mock

Dasar		Unit	Jan	Peb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	Curah Hujan R	mm	239	279	350	78	76	158	25	0	38	66	109	366
2	Hari Hujan (n)		11	12	9	7	4	7	1	0	3	4	5	15
EvapoTranspirasi Terbatas														
3	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	136,69	99,97	121,81	118,92	109,96	86,40	214,37	189,67	207,00	233,65	182,69	127,52
4	Lahan Terbuka (m)	%	20	20	20	30	30	40	40	40	30	30	20	20
5	dE/Eto = (m/20) * (18 - n)		0,07	0,06	0,09	0,165	0,21	0,22	0,34	0,36	0,225	0,21	0,13	0,03
6	dE	(3) x (5)	9,5683	5,9982	10,9629	19,6218	23,0916	19,008	72,8858	68,2812	46,575	49,0665	23,7497	3,8256
7	Et 1= Eto - dE	(3) - (6)	127,12	93,97	110,85	99,30	86,87	67,39	141,48	121,39	160,43	184,58	158,94	123,69
Water Balance														
8	S = Rs - Et 1	(1) - (7)	mm	111,88	185,03	239,15	0,00	0,00	90,61	0,00	0,00	0,00	0,00	242,31
9	Run Off Storm	(10%* (1))	mm	23,9	27,9	35	7,8	7,6	15,8	2,5	0	3,8	6,6	36,6
10	Soil Storage (IS)	(8) - (9)	mm	87,98	157,13	204,15	0,00	0,00	74,81	0,00	0,00	0,00	0,00	205,71
11	Soil Moisnture = IS + SMC, SMC=150		mmHg	187,98	257,13	304,15	100,00	100,00	174,81	100,00	100,00	100,00	100,00	305,71
12	Water Surplus	(8) - (10)	mm	23,90	27,90	35,00	0,00	0,00	15,80	0,00	0,00	0,00	0,00	36,60
Run Off and Ground Water Storage														
13	Infiltrasi (I), i = 0,4	(12) * i	mm	9,56	11,16	14	0	0	6,32	0	0	0	0	14,64
14	0,5 * I *(1+k) , k = 0,8	0,5*(13)*1,6	mm	8,604	10,044	12,6	0	0	5,688	0	0	0	0	13,176
15	k * V (n-1)		mm	240	198,883	167,142	143,793	115,035	92,028	78,173	62,538	50,030	40,024	25,616
16	Storage Vol Vn	(14) + (15)	mm	248,604	208,927	179,742	143,793	115,035	97,716	78,173	62,538	50,030	40,024	38,792
17	dVn = Vn - V (n-1)		mm	-51,396	-39,677	-29,185	-35,948	-28,759	17,319	-19,543	-15,635	12,508	-10,006	6,772
18	Base Flow	(13) - (17)	mm	60,956	50,837	43,185	35,948	28,759	23,639	19,543	15,635	12,508	10,006	7,868
19	Direct Run Off	(12) - (13)	mm	14,34	16,74	21,00	0,00	0,00	9,48	0,00	0,00	0,00	0,00	21,96
20	Run Off	(18) + (19)	mm/bln	75,30	67,58	64,19	35,95	28,76	33,12	19,54	15,63	12,51	10,01	29,83
21	Debit (x10 ³)	(20) * CA	m ³ /bln	1788958	1605557	1524982	854097	683278	786873	464326	371461	297169	237735	708681
22	Debit		m ³ /dtk	0,668	0,664	0,569	0,330	0,255	0,304	0,173	0,139	0,115	0,089	0,265
23	Debit		liter/dtk	667,92	663,67	569,36	329,51	255,11	303,58	173,36	138,69	114,65	88,76	264,59
24	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	30	31	30	31

4.10 Neraca Air

Bangunan embung sebagai penyimpan air mempunyai fungsi yang sangat baik dalam mencukupi kebutuhan akan air khususnya pada saat musim kemarau. Air Sungai Gandul ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku dan juga untuk irigasi bagi masyarakat. Dari alternatif lokasi embung yang terbaik, dicari debit air yang tersedia dan kebutuhan air yang diperlukan sehingga dapat dibuat neraca air di mana nilai kebutuhan yang dapat dipenuhi dari debit yang tersedia.

Neraca air (*water balance*) diperoleh dengan membandingkan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Apabila terjadi kondisi surplus berarti kebutuhan air lebih kecil dari ketersediaan air, dan sebaliknya apabila defisit berarti kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan air. Jika terjadi kekurangan debit, maka ada empat pilihan yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut :

- Luas daerah irigasi dikurangi.
- Luas daerah irigasi tetap tetapi ada suplesi debit dari bendung lain.
- Melakukan modifikasi pola tanam.
- Rotasi teknis/golongan.

Ketersediaan dan kebutuhan air dapat dilihat pada Tabel 4.49 di bawah ini :

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.49 Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air

No	Bulan	Periode	Air Irigasi m ³ /dtk	Air Baku m ³ /dtk	Volume				Selisih Inflow - Outflow (m ³)
					Kebutuhan Air (Outflow)		Debit Andalan (Inflow)		
					m ³ /dtk	m ³	m ³ /dtk	m ³	
1	Okt	I	0,08	0,01	0,09	116640	0,089	115344	-1296
		II	0,08	0,01	0,09	116640	0,089	115344	-1296
2	Nop	I	0,07	0,01	0,08	103680	0,073	94608	-9072
		II	0,07	0,01	0,08	103680	0,073	94608	-9072
3	Des	I	0,01	0,01	0,02	25920	0,265	343440	317520
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,265	343440	252720
4	Jan	I	0,06	0,01	0,07	90720	0,668	865728	775008
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,668	865728	800928
5	Peb	I	0,07	0,01	0,08	103680	0,664	860544	756864
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,664	860544	769824
6	Mar	I	0,05	0,01	0,06	77760	0,569	737424	659664
		II	0,05	0,01	0,06	77760	0,569	737424	659664
7	Apr	I	0,01	0,01	0,02	25920	0,33	427680	401760
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,33	427680	336960
8	Mei	I	0,06	0,01	0,07	90720	0,255	330480	239760
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,255	330480	265680
9	Jun	I	0,05	0,01	0,06	77760	0,304	393984	316224
		II	0,01	0,01	0,02	25920	0,304	393984	368064
10	Jul	I	0,02	0,01	0,03	38880	0,173	224208	185328
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,173	224208	159408
11	Agt	I	0,04	0,01	0,05	64800	0,139	180144	115344
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,139	180144	115344
12	Sep	I	0,04	0,01	0,05	64800	0,115	149040	84240
		II	0,00	0,01	0,01	12960	0,115	149040	136080

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Dari hasil perhitungan jumlah ketersediaan air dan jumlah kebutuhan air yang ada di lokasi perencanaan sebelum ada embung, kekurangan air maksimum terjadi pada bulan Nopember periode I dan II yaitu sebesar 9.072 m³.

4.11 Volume Embung

4.11.1 Hubungan Elevasi Dengan Volume Embung

Perhitungan ini didasarkan pada data peta topografi dari BAKOSURTANAL Tahun 2000 skala 1 : 25.000, dan dibuat kontur per 4 m. Cari luas permukaan waduk yang dibatasi garis kontur, kemudian dicari volume yang dibatasi oleh 2 garis kontur yang berurutan dengan menggunakan Persamaan 2.98 pada Bab II sebagai berikut :

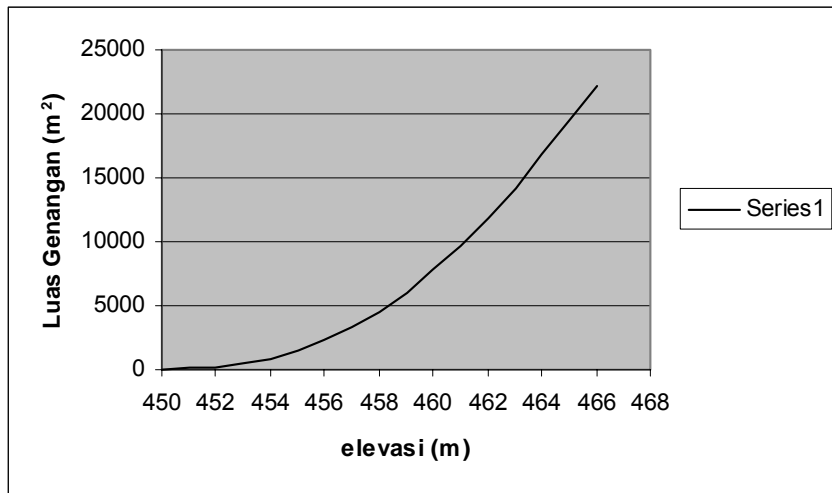
$$V_x = 1/3 \times Z \times (F_y + F_x + \sqrt{F_y \times F_x})$$

Perhitungan elevasi, volume, dan luas Embung Pusporenggo dapat dilihat pada Tabel 4.50. Dari perhitungan tersebut di atas, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi dan luas genangan (Gambar 4.4) dan hubungan elevasi dengan volume genangan (Gambar 4.5).

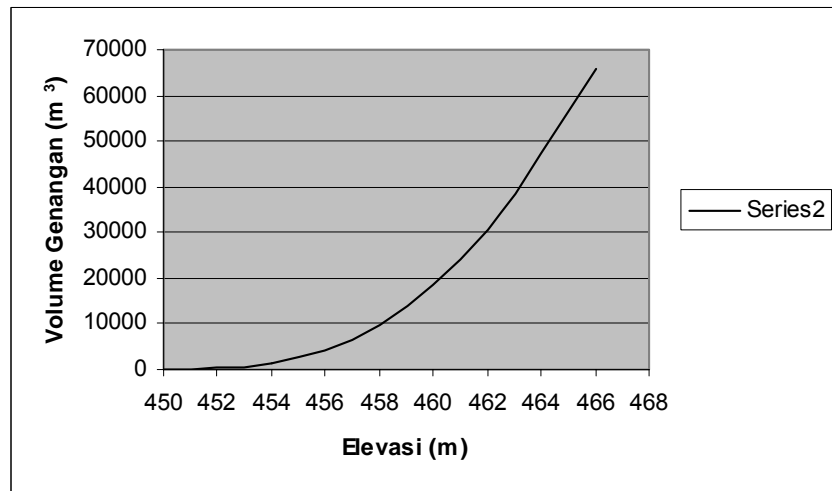
Tabel 4.50 Perhitungan Luas dan Volume Genangan Embung

No	Elevasi	Luas Genangan	Luas Komulatif	Vol. Genangan	Vol. Komulatif
	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ³)
1	450	0	0	0	0
2	454	811,28	811,28	1081,71	1081,71
3	458	2522,42	3333,7	6352,29	7434,00
4	462	7360,62	10694,32	18922,58	26356,58
5	466	11323,25	22017,57	37084,37	63440,95

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Elevasi Dengan Luas Genangan



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Elevasi Dengan Volume Genangan

4.11.2 Volume Tampungan Embung

Kapasitas tampung yang diperlukan sebuah embung (Pers. 2.76 Bab II) adalah :

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

di mana :

$$V_n = \text{Volume tampungan total embung (m}^3\text{)}$$

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

$$V_e = \text{Volume kehilangan air pada embung akibat penguapan (m}^3\text{)}$$

$$V_i = \text{Volume resapan melalui dasar, dinding dan tubuh embung (m}^3\text{)}$$

$$V_s = \text{Volume / ruang yang disediakan untuk sedimen (m}^3\text{)}$$

4.11.2.1 Volume Untuk Melayani Kebutuhan (Vu)

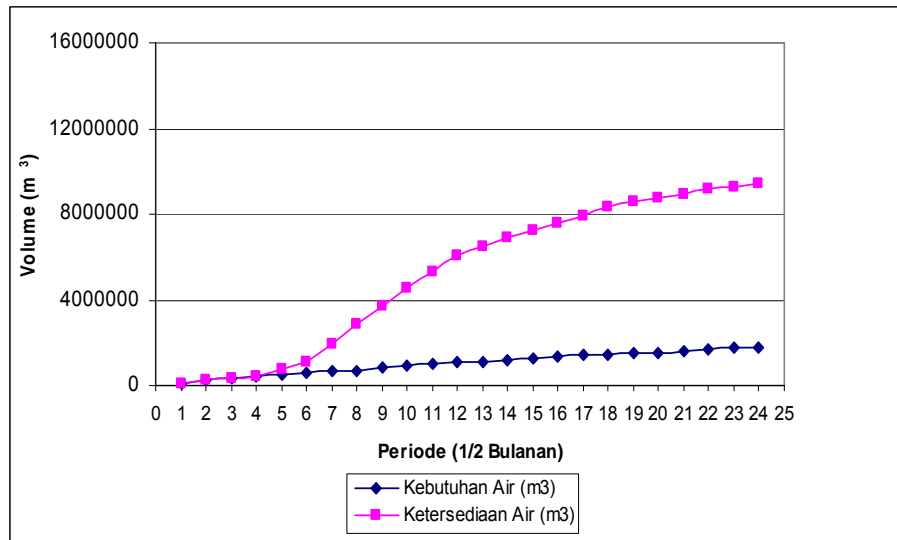
Penentuan volume tampungan embung dapat digambarkan pada *mass curve* kapasitas tampungan. Volume tampungan merupakan selisih maksimum yang terjadi antara komulatif kebutuhan terhadap komulatif *inflow*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4. 51. Dan ditampilkan pula grafik hubungan antara kebutuhan air dan ketersediaan air sebelum ada embung (Gambar 4.7) dan sesudah ada embung (Gambar 4.8)

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

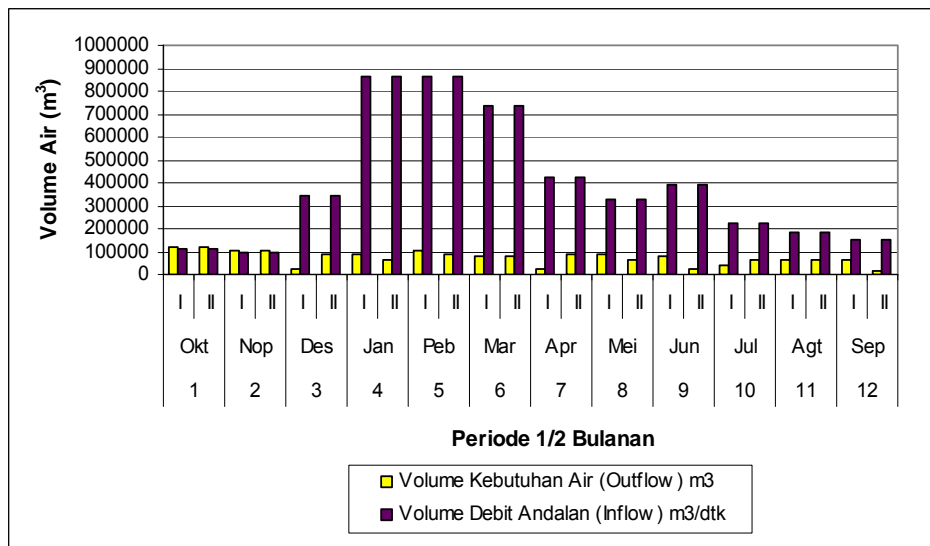
Tabel 4.51 Neraca Air Sebelum Ada Embung

No	Bulan	Periode	Air Irigasi	Air Baku	Volume				Volume Komulatif		Selisih Komulatif
					Kebutuhan Air		Debit Andalan		Komulatif Outflow	Komulatif Inflow	Inflow - Outflow
					(Outflow)		(Inflow)				
			m ³ /dtk	m ³ /dtk	m ³ /dtk	m ³	m ³ /dtk	m ³	m ³	m ³	m ³
1	Okt	I	0,08	0,01	0,09	116640	0,089	115344	116640	115344	-1296
		II	0,08	0,01	0,09	116640	0,089	115344	233280	230688	-2592
2	Nop	I	0,07	0,01	0,08	103680	0,073	94608	336960	325296	-11664
		II	0,07	0,01	0,08	103680	0,073	94608	440640	419904	-20736
3	Des	I	0,01	0,01	0,02	25920	0,265	343440	466560	763344	296784
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,265	343440	557280	1106784	549504
4	Jan	I	0,06	0,01	0,07	90720	0,668	865728	648000	1972512	1324512
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,668	865728	712800	2838240	2125440
5	Peb	I	0,07	0,01	0,08	103680	0,664	860544	816480	3698784	2882304
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,664	860544	907200	4559328	3652128
6	Mar	I	0,05	0,01	0,06	77760	0,569	737424	984960	5296752	4311792
		II	0,05	0,01	0,06	77760	0,569	737424	1062720	6034176	4971456
7	Apr	I	0,01	0,01	0,02	25920	0,33	427680	1088640	6461856	5373216
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,33	427680	1179360	6889536	5710176
8	Mei	I	0,06	0,01	0,07	90720	0,255	330480	1270080	7220016	5949936
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,255	330480	1334880	7550496	6215616
9	Jun	I	0,05	0,01	0,06	77760	0,304	393984	1412640	7944480	6531840
		II	0,01	0,01	0,02	25920	0,304	393984	1438560	8338464	6899904
10	Jul	I	0,02	0,01	0,03	38880	0,173	224208	1477440	8562672	7085232
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,173	224208	1542240	8786880	7244640
11	Agt	I	0,04	0,01	0,05	64800	0,139	180144	1607040	8967024	7359984
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,139	180144	1671840	9147168	7475328
12	Sep	I	0,04	0,01	0,05	64800	0,115	149040	1736640	9296208	7559568
		II	0,00	0,01	0,01	12960	0,115	149040	1749600	9445248	7695648

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI



Gambar 4.6 Kurva Massa Debit (Mass Curve)



Gambar 4.7 Hubungan Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Sebelum Ada Embung

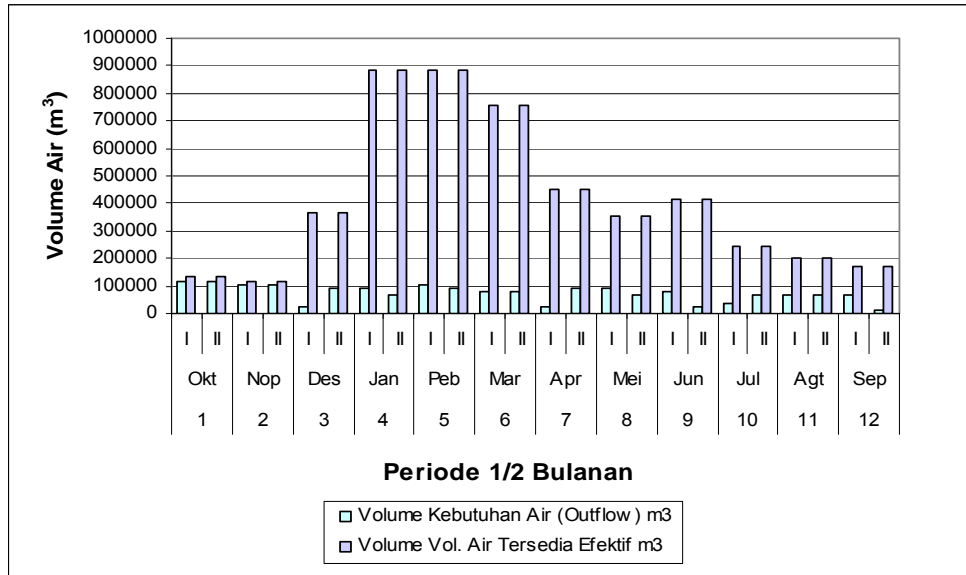
Dari grafik *Mass Curve* komulatif *inflow* dan komulatif *outflow* dapat diketahui puncak kekurangan air terjadi pada bulan Nopember periode II sebesar 20.736 m³. Nilai ini merupakan volume tampungan efektif embung untuk melayani berbagai kebutuhan. Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa sebelum adanya embung terjadi kekurangan air sebesar 9.072 m³. Sedangkan setelah adanya embung maka kekurangan air tersebut dapat dipenuhi dengan adanya volume tampungan efektif embung sebesar 20.736 m³. Adapun perhitungan yang dihasilkan adalah :

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

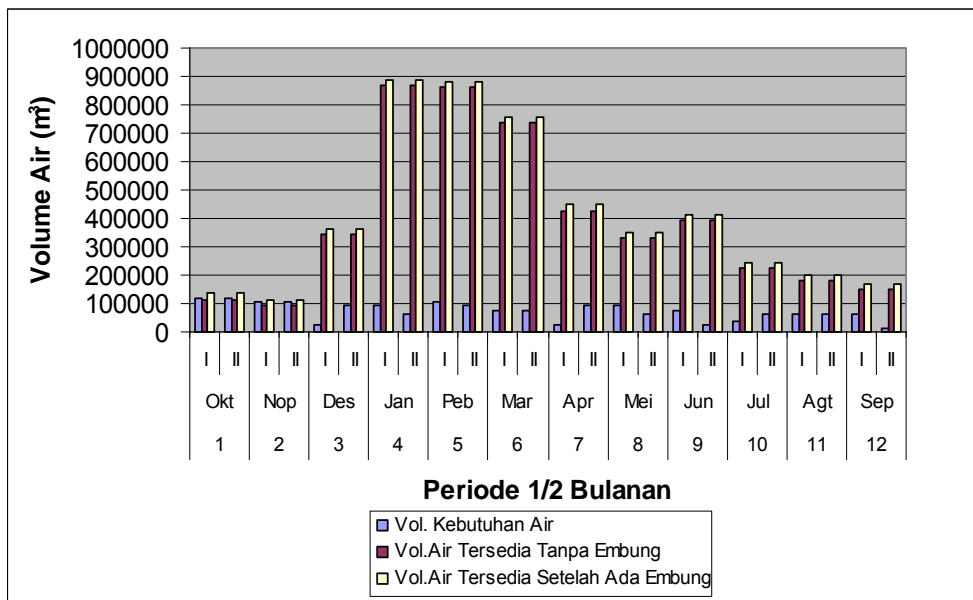
Tabel 4.52 Neraca Air Setelah Ada Embung

No	Bulan	Periode	Air Irigasi	Air Baku	Volume						Selisih Inflow - Outflow
					Kebutuhan Air		Debit Andalan		Vol. Tampungannya Efektif	Vol. Air Tersedia	
					(Outflow)		(Inflow)				
m ³ /dtk	m ³ /dtk	m ³ /dtk	m ³	m ³ /dtk	m ³	m ³	m ³				
1	Okt	I	0,08	0,01	0,09	116640	0,089	115344	20736	136080	19440
		II	0,08	0,01	0,09	116640	0,089	115344	20736	136080	19440
2	Nop	I	0,07	0,01	0,08	103680	0,073	94608	20736	115344	11664
		II	0,07	0,01	0,08	103680	0,073	94608	20736	115344	11664
3	Des	I	0,01	0,01	0,02	25920	0,265	343440	20736	364176	338256
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,265	343440	20736	364176	273456
4	Jan	I	0,06	0,01	0,07	90720	0,668	865728	20736	886464	795744
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,668	865728	20736	886464	821664
5	Peb	I	0,07	0,01	0,08	103680	0,664	860544	20736	881280	777600
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,664	860544	20736	881280	790560
6	Mar	I	0,05	0,01	0,06	77760	0,569	737424	20736	758160	680400
		II	0,05	0,01	0,06	77760	0,569	737424	20736	758160	680400
7	Apr	I	0,01	0,01	0,02	25920	0,33	427680	20736	448416	422496
		II	0,06	0,01	0,07	90720	0,33	427680	20736	448416	357696
8	Mei	I	0,06	0,01	0,07	90720	0,255	330480	20736	351216	260496
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,255	330480	20736	351216	286416
9	Jun	I	0,05	0,01	0,06	77760	0,304	393984	20736	414720	336960
		II	0,01	0,01	0,02	25920	0,304	393984	20736	414720	388800
10	Jul	I	0,02	0,01	0,03	38880	0,173	224208	20736	244944	206064
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,173	224208	20736	244944	180144
11	Agt	I	0,04	0,01	0,05	64800	0,139	180144	20736	200880	136080
		II	0,04	0,01	0,05	64800	0,139	180144	20736	200880	136080
12	Sep	I	0,04	0,01	0,05	64800	0,115	149040	20736	169776	104976
		II	0,00	0,01	0,01	12960	0,115	149040	20736	169776	156816

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Setelah Ada Embung



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Sebelum dan Setelah Ada Embung

4.11.2.2 Volume Kehilangan Air Akibat Penguapan (Ve)

Untuk mengetahui besarnya volume penguapan yang terjadi pada embung dapat dihitung dengan rumus seperti pada Persamaan 2.77 dan 2.78 Bab II sebagai berikut :

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

Untuk memperoleh nilai evaporasi, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E = 0,35 (e_a - e_d) \times (1 - 0,01V)$$

Untuk perhitungan volume kehilangan air akibat penguapan dapat dilihat pada Tabel 4.53.

4.11.2.3 Volume Resapan Embung (Vi)

Volume kehilangan air akibat resapan melalui dasar, dinding, dan tubuh embung tergantung dari sifat lulus air material dasar embung dan dinding kolam. Sedangkan ini tergantung pada jenis butiran tanah atau struktur batu pembentuk dasar embung dan dinding kolam. Perhitungan resapan air ini menggunakan rumus praktis sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 2.79 pada Bab II yaitu sebagai berikut :

$$V_i = K \times V_u$$

di mana :

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

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

K = Faktor yang nilainya tergantung dari sifat lulus air material dasar embung dan dinding kolam

*) Nilai K = 10% bila dasar embung dan dinding kolam praktis rapat air

*) Nilai K = 25% bila dasar embung dan dinding kolam bersifat semi lulus air

$$V_i = k \times V_u \quad (\text{k diambil 25\%})$$

$$= 0,25 \times 20.736$$

$$V_i = 5.184 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan diperoleh $V_i = 5.184 \text{ m}^3$

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.53 Perhitungan Kehilangan Air Akibat Penguapan (Ve)

Dasar	Unit	Bulan											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
Tekanan uap jenuh (ea)	mm/Hg	28,4	29,1	29,7	30,2	29,7	28,5	29,6	29,1	28,9	30,5	30,4	23,4
Tekanan uap sebenarnya (ed)	mm/Hg	27,6	27,5	28,1	28,5	28,7	27,8	28,1	27,6	27,6	29,1	29,4	20,3
Kec angin (V) pada ketinggian 2 m	m/dtk	1,2	0,8	1,2	0,8	0,6	0,9	3,4	3	3,4	3,6	2,4	1,2
Evaporasi (Ea)	mm/hari	0,28	0,56	0,55	0,59	0,35	0,24	0,51	0,51	0,44	0,47	0,34	1,07
Evaporasi (Ea)	m/hari	0,00028	0,00056	0,00055	0,00059	0,00035	0,00024	0,00051	0,00051	0,00044	0,00047	0,00034	0,00107
Penyinaran matahari (S)	%	2,7	2,3	2,2	23,2	18,8	23,9	19,9	2,2	2,7	2,2	2,3	2,2
Jumlah hari dalam sebulan	hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Evaporasi tiap bulan (dlm m3)													
	Luas (m ²)	Perhitungan kehilangan air akibat penguapan (m ³)											
Elevasi dasar = 450 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elevasi tengah = 456 m	2672,46	0,62	0,96	1,01	10,98	5,42	4,65	8,36	0,93	0,95	0,86	0,63	1,95
Elevasi puncak 462 m	11794,33	2,73	4,22	4,45	48,45	23,91	20,53	36,90	4,10	4,20	3,80	2,78	8,62
Total kehilangan air dalam 1 tahun	m³	202,01											

4.11.2.4 Volume Yang Disediakan Untuk Sedimen (Vs)

Perkiraan laju sedimentasi dalam hal ini dimaksudkan untuk memperoleh angka sedimentasi dalam satuan m³/tahun, guna memberikan perkiraan angka yang lebih pasti untuk penentuan ruang sedimen. Yang dapat mempengaruhi banyaknya volume sedimen yaitu :

1. Erosivitas hujan (R)

Erosivitas hujan bulanan dihitung dengan Persamaan 2.80 s/d 2.82 bab II.

$$R = E \times I_{30} = E \times I_{30} \times 10^{-2} \text{ (ton.cm/Ha jam)}$$

$$E = 14,374 \times R_b^{1.075} \text{ (ton.m/Ha.cm)}$$

$$I_{30} = \frac{R_b}{77,178 + 1,01 \times R_b}$$

Atau jika disederhanakan menjadi :

$$R = 2,21 R_b^{1.36}$$

di mana:

R = Erosivitas hujan per bulanan (ton.cm/Ha Bulan)

R_b = Hujan bulanan (cm)

2. Erodibilitas tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah ditentukan oleh tekstur, struktur, permeabilitas dan bahan organik tanah, dan dapat dilihat pada Tabel 2.17.

3. Panjang dan kemiringan lereng (LS)

Nilai LS dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.84 dan Persamaan 2.85 Bab II.

4. Konversi tanah dan pengelolaan tanaman (CP)

- Faktor indek konversi tanah (faktor P)

Nilai indek konversi tanah dapat diperoleh dengan membagi kehilangan tanah dari lahan yang diberi perlakuan pengawetan terhadap tanah dan tanpa pengawetan.

- Faktor indek pengelolaan tanaman I

Faktor ini merupakan angka perbandingan antara erosi dari lahan yang ditanami sesuatu jenis tanaman dan pengelolaan tertentu dengan lahan serupa dalam kondisi dibajak tetapi tidak ditanami.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

- Faktor indeks pengelolaan tanaman dan konversi tanah (faktor CP).

Volume *dead storage*/volume sedimen adalah volume atau kapasitas di mana air tidak dapat dialirkan melalui pintu – pintu pengeluaran (*outlet*). Hal ini karena elevasi permukaan air sama dengan elevasi dasar pintu pengeluaran, sehingga air tidak dapat keluar untuk dimanfaatkan. Bendungan dengan volume ini sudah tidak dapat lagi memberikan suplai air sehingga dapat dikatakan mati atau tanpa kapasitas pelayanan.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang lereng} &= 2022 \text{ m} \\
 S &= 10 \% \\
 \text{Luas Das} &= 23,759 \text{ km}^2 \\
 \text{Curah Hujan (Rb)} &= 162,18 \text{ mm} \\
 \text{Koefisien kekasaran (n)} &= 0,02 \\
 \text{Indek erodibilitas tanah (K)} &= 0,4 \text{ ton/ha (Tabel 2.17)} \\
 \text{Faktor CP} &= 0,2 \text{ (Tabel 2.18)} \\
 \text{Indek erosivitas hujan (R)} &= 2,21 \text{ Rb}^{1,36} \\
 &= 2,21 * (162,18 * 10^{-3})^{1,36} \\
 &= 0,186 \text{ ton.m/ha.th} \\
 \text{LS} &= L / 100 * (1,36 + 0,965S + 0,138S^2) \\
 &= 2022 / 100 * ((1,36 + 0,965 * 0,1 + 0,138 * (0,1^2)) \\
 &= 29,478 \\
 \text{E potensial} &= R * K * LS * A \\
 &= 0,186 * 0,4 * 29,478 * 2375,9 \\
 &= 5.210,73 \text{ ton/th} \\
 \text{E Aktual} &= E pot * CP \\
 &= 5.210,73 * 0,2 \qquad \qquad \qquad = 1.024,15 \text{ ton/th} \\
 \text{SDR} &= \frac{S * (1 - 0,8683A^{-0,2018})}{2 * (S + 50n)} + 0,8683A^{-0,2018} \\
 &= \frac{0,3 * (1 - 0,8683 * 2375,9^{-0,2018})}{2 * (0,3 + 50 * 0,02)} + 0,8683 * 2375,9^{-0,2018} \\
 &= 0,275
 \end{aligned}$$

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

$$\begin{aligned}
 S \text{ Pot} &= E \text{ Aktual} * SDR = 1.024,15 * 0,275 = 281,64 \text{ ton/th} \\
 S \text{ Pot} &= 281,64 / (1,7 \text{ ton /m}^3) = 165,67 \text{ m}^3/\text{th} \\
 V \text{ sedimen} &= S \text{ Pot} * \text{umur rencana} \\
 &= 165,67 * 25 = 4.141,75 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.11.2.5 Volume Total Tampungan Embung (Vn)

Dari hasil perhitungan volume parameter untuk mengetahui volume total embung antara lain volume efektif untuk pelayanan kebutuhan (Vu), volume kehilangan air akibat penguapan (Ve), volume resapan embung (Vi) dan volume untuk tampungan sedimen (Vs), maka diperoleh hasil volume total tampungan untuk embung yaitu :

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_u + V_e + V_i + V_s \\
 V_n &= 20.736 + 202,01 + 5.184 + 4.141,75 \\
 V_n &= 30.263,76 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4.54 Elevasi Muka Air Normal

Elevasi	Luas Genangan	Rata2 Luas Genangan	Interval Kontur	Vol. Genangan	Vol. Kumulatif
m	m ²	m ²	m	m ³	m ³
461,85	7216,69				29719,96
		7221,49	0,01	72,21	
461,86	7226,29				29792,17
		7231,09	0,01	72,31	
461,87	7235,88				29864,49
		7240,68	0,01	72,41	
461,88	7245,48				29936,89
		7250,28	0,01	72,50	
461,89	7255,08				30009,40
		7259,87	0,01	72,60	
461,9	7264,67				30081,99
		7269,47	0,01	72,69	
461,91	7274,27				30154,69
		7279,06	0,01	72,79	
461,92	7283,86				30227,48
		7288,66	0,01	72,89	
461,93	7293,46				30300,37
		7298,26	0,01	72,98	
461,94	7303,05				30373,35
		7307,85	0,01	73,08	
461,95	7312,65				30446,43

4.12 Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Untuk menentukan elevasi puncak embung dari bahan timbunan tanah dan mereduksi banjir sesaat yang terjadi, sehingga dapat memperkecil debit banjir yang lewat Sungai Gandul sebelah hilir embung perlu diadakan *Flood Routing*. Dan salah satu manfaat dari pembangunan bendung adalah untuk pengendalian banjir untuk itu perlu dilakukan penelusuran banjir untuk menentukan debit outflow untuk mendesain *spillway* dan tampungan banjir dalam waduk

Data – data yang diperlukan pada penelusuran banjir lewat waduk adalah:

- Hubungan volume tampungan dengan elevasi waduk.
- Hubungan debit keluar dengan elevasi muka air di waduk serta hubungan debit keluar dengan tampungan.
- Hidrograf inflow, I.
- Nilai awal dari tampungan S, *inflow* I, debit keluar pada t =0.

Digunakan pelimpah (*spillway*) ambang lebar dengan elevasi dan volume sebagai berikut:

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times B \times \sqrt{2g} \times H^{\frac{3}{2}}$$

di mana :

- Q = Debit yang melewati spillway (m³/dtk.)
- B = Lebar spillway 20 m
- Cd = Koefisien limpahan
- H = Tinggi energi total di atas mercu spillway (m)
- G = Percepatan gravitasi 9,81 m/dtk²

$$Cd = 1,7 - 2,2 \text{ m}^{1/2}/\text{dtk} \text{ diambil } 2,0 \text{ m}^{1/2}/\text{dtk}.$$

$$B = 20 \text{ m}$$

$$Q = 118,118 \times H^{3/2}$$

Perhitungan debit spillway dengan variasi tinggi muka air banjir yang melimpah di atas spillway disajikan dalam Tabel 4.55.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.55 Perhitungan Debit Spillway Dengan Berbagai Nilai H

No	H	Cd	B	g	Q	Elevasi Asumsi	No	H	Cd	B	g	Q	Asumsi Elevasi
	(m)		(m)	(m/dtk ²)	(m ³ /dtk)	(m)		(m)		(m)	(m/dtk ²)	(m ³ /dtk)	(m)
1	0	2,0	20	9,81	0,000	461,93	31	0,60	2,0	20	9,81	12,757	462,53
2	0,02	2,0	20	9,81	0,000	461,95	32	0,62	2,0	20	9,81	14,075	462,55
3	0,04	2,0	20	9,81	0,004	461,97	33	0,64	2,0	20	9,81	15,482	462,57
4	0,06	2,0	20	9,81	0,013	461,99	34	0,66	2,0	20	9,81	16,979	462,59
5	0,08	2,0	20	9,81	0,030	462,01	35	0,68	2,0	20	9,81	18,570	462,61
6	0,10	2,0	20	9,81	0,059	462,03	36	0,70	2,0	20	9,81	20,257	462,63
7	0,12	2,0	20	9,81	0,102	462,05	37	0,72	2,0	20	9,81	22,044	462,65
8	0,14	2,0	20	9,81	0,162	462,07	38	0,74	2,0	20	9,81	23,932	462,67
9	0,16	2,0	20	9,81	0,242	462,09	39	0,76	2,0	20	9,81	25,925	462,69
10	0,18	2,0	20	9,81	0,344	462,11	40	0,78	2,0	20	9,81	28,027	462,71
11	0,20	2,0	20	9,81	0,472	462,13	41	0,80	2,0	20	9,81	30,238	462,73
12	0,22	2,0	20	9,81	0,629	462,15	42	0,82	2,0	20	9,81	32,563	462,75
13	0,24	2,0	20	9,81	0,816	462,17	43	0,84	2,0	20	9,81	35,005	462,77
14	0,26	2,0	20	9,81	1,038	462,19	44	0,86	2,0	20	9,81	37,565	462,79
15	0,28	2,0	20	9,81	1,296	462,21	45	0,88	2,0	20	9,81	40,247	462,81
16	0,30	2,0	20	9,81	1,595	462,23	46	0,90	2,0	20	9,81	43,054	462,83
17	0,32	2,0	20	9,81	1,935	462,25	47	0,92	2,0	20	9,81	45,989	462,85
18	0,34	2,0	20	9,81	2,321	462,27	48	0,94	2,0	20	9,81	49,053	462,87
19	0,36	2,0	20	9,81	2,755	462,29	49	0,96	2,0	20	9,81	52,252	462,89
20	0,38	2,0	20	9,81	3,241	462,31	50	0,98	2,0	20	9,81	55,586	462,91
21	0,40	2,0	20	9,81	3,780	462,33	51	1,00	2,0	20	9,81	59,059	462,93
22	0,42	2,0	20	9,81	4,376	462,35	52	1,02	2,0	20	9,81	62,674	462,95
23	0,44	2,0	20	9,81	5,031	462,37	53	1,04	2,0	20	9,81	66,433	462,97
24	0,46	2,0	20	9,81	5,749	462,39	54	1,06	2,0	20	9,81	70,340	462,99
25	0,48	2,0	20	9,81	6,531	462,41	55	1,08	2,0	20	9,81	74,397	463,01
26	0,50	2,0	20	9,81	7,382	462,43	56	1,10	2,0	20	9,81	78,608	463,03
27	0,52	2,0	20	9,81	8,304	462,45	57	1,12	2,0	20	9,81	82,974	463,05
28	0,54	2,0	20	9,81	9,300	462,47	58	1,14	2,0	20	9,81	87,499	463,07
29	0,56	2,0	20	9,81	10,372	462,49	59	1,16	2,0	20	9,81	92,185	463,09
30	0,58	2,0	20	9,81	11,523	462,51	60	1,18	2,0	20	9,81	97,036	463,11

Debit inflow adalah debit yang ke waduk dari DAS di hulu waduk yang besarnya tergantung komponen DAS baik tata guna lahan, geologi permukaan, kemiringan lereng dsb. Analisa debit inflow menggunakan HSS Gama I periode ulang 50 tahun dan untuk debit outflow menggunakan debit spillway dengan berbagai nilai H. Untuk perhitungan *flood routing* dapat dilihat pada Tabel 4.56.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Tabel 4.56 Penelusuran Banjir Embung Pusporenggo

Jam	t	Q Inflow	Q Rerata	Q Rerata * t	Asumsi Elv.	Q Outflow	Q Outrerata	Q Outrerata * t	Normal Storage (m ³)	Storage Banjir (m ³)	Storage Komulatif (m ³)	Elevasi (m)	
	(dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³)	(m)	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	(m ³)					
	2	3	4	5 = (4) * (2)	6	7	8	9 = (8) * (2)	10	11 = (5) - (9)	12 = (10) - (11)	13	
0		4,167			461,93	0,000			30263,76		30263,760	461,88	
	3600		55,743	200674,8			1,161	4178,259		196496,541			
1		107,319			462,27	2,321						226760,301	462,26
	3600		117,120	421630,2			3,348	12054,273			409575,927		
2		126,920			462,35	4,376						636336,228	462,44
	3600		123,937	446171,4			7,949	28617,629			417553,771		
3		120,953			462,51	11,523						1053889,999	462,52
	3600		113,918	410104,8			17,728	63819,439			346285,361		
4		106,883			462,67	23,932						1400175,361	462,70
	3600		99,077	356675,4			28,248	101691,660			254983,740		
5		91,270			462,75	32,563						1655159,100	462,78
	3600		83,944	302198,4			40,808	146910,066			155288,334		
6		76,618			462,87	49,053						1810447,434	462,76
	3600		70,181	252649,8			55,864	201109,219		51540,581			
7		63,743			462,95	62,674					1861988,016	462,72	
	3600		58,254	209712,6			60,866	219119,190		-9406,590			
8		52,764			462,93	59,059					1852581,426	462,68	
	3600		43,790	157642,2			51,057	183803,420		-26161,220			
9		34,815			462,87	43,054					1826420,206	462,64	
	3600		29,155	104958			40,309	145113,916		-40155,916			
10		23,495			462,79	37,565					1786264,290	462,60	
	3600		19,926	71731,8			35,064	126230,533		-54498,733			
11		16,356			462,75	32,563					1731765,557	462,56	
	3600		14,105	50778			30,295	109061,657		-58283,657			
12		11,854			462,71	28,027					1673481,900	462,52	
	3600		10,435	37564,2			25,979	93525,643		-55961,443			

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

13		9,015			462,67	23,932				1617520,456	462,50
	3600		8,120	29232			22,095	79540,850		-50308,850	
14		7,225			462,61	20,257				1567211,606	462,48
	3600		6,660	23976			18,618	67025,634		-43049,634	
15		6,095			462,59	16,979				1524161,972	462,46
	3600		5,739	20660,4			15,527	55898,351		-35237,951	
16		5,383			462,51	14,075				1488924,021	462,44
	3600		5,159	18570,6			12,799	46077,359		-27506,759	
17		4,934			462,49	11,523				1461417,262	462,42
	3600		4,793	17253			10,411	37481,015		-20228,015	
18		4,651			462,47	9,300				1441189,247	462,40
	3600		4,562	16421,4			8,802	31686,902		-15265,502	
19		4,472			462,45	8,304				1425923,745	462,38
	3600		4,416	15895,8			7,843	28235,777		-12339,977	
20		4,359			462,43	7,382				1413583,768	462,36
	3600		4,324	15564,6			6,957	25044,890		-9480,290	
21		4,288			462,41	6,531				1404103,478	462,34
	3600		4,266	15357,6			6,140	22104,036		-6746,436	
22		4,244			462,39	5,749				1397357,042	462,32
	3600		4,230	15226,2			5,390	19403,008		-4176,808	
23		4,215			462,37	5,031				1393180,235	462,30
	3600		4,207	15143,4			4,703	16931,601		-1788,201	
24		4,198			462,35	4,376				1391392,034	462,28
	3600		2,099	7556,4			2,188	7876,014		-319,614	

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Keterangan :

Kolom 1 = t (jam)

Kolom 2 = t 1 jam = 3600 detik

Kolom 3 = Q inflow dari Q50 tahun HSS Gama 1 (Tabel 4.28)

Kolom 4 = (Kolom 3 jam ke n + Kolom 3 jam ke n+1)/ 2

Kolom 5 = Kolom 4 x Kolom 2

Kolom 6 = Elevasi coba

Kolom 7 = Q outflow dari Q spilway (Tabel 4.60)

Kolom 8 = (Kolom 7 jam ke n + Kolom 7 jam ke n+1)/ 2

Kolom 9 = Kolom 8 x Kolom 2

Kolom 10 = Tampungan total embung

Kolom 11 = Kolom 5 – Kolom 9

Kolom 11 = Kolom 10 – Kolom 11

Kolom12 = Elevasi hitung