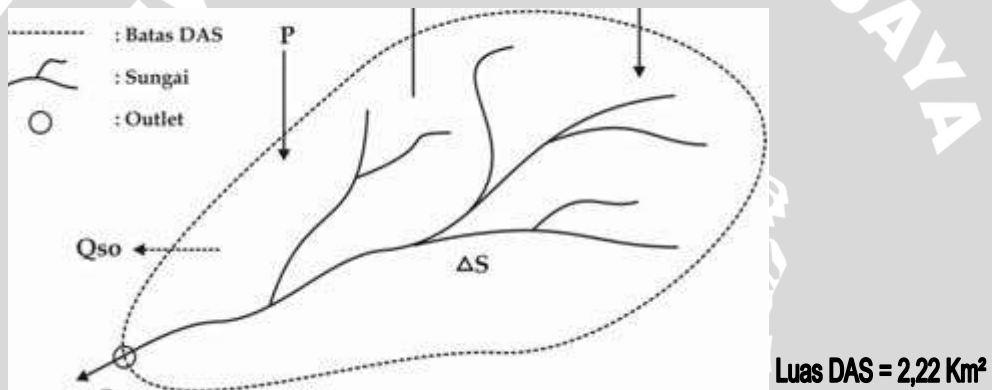


**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisis Hidrologi**

**4.1.1 Uji Konsistensi Data**

Sebelum data hujan dipakai terlebih dahulu harus melewati pengujian untuk kekonsistenan data tersebut. Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya. Untuk lebih jelasnya data hujan harian maksimum dan uji konsistensi Stasiun Gading Parang dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1. DAS Embung Guworejo

Tabel 4.1. Data Hujan Tahunan Stasiun Gading Parang

Tahun	Hujan (mm)
2011	85
2010	118
2009	60
2008	73
2007	110
2006	70
2005	114
2004	125
2003	100
2002	90

Sumber : Stasiun Klimatologi Gading Parang (2002-2011)

#### 4.1.2 Analisa Jenis Sebaran

Untuk menganalisa jenis sebaran digunakan metode Log Pearson III. Perhitungan metode bisa dilihat di bawah:

##### 4.1.2.1 Metode Log Pearson III

Distribusi Log Pearson Type III adalah dengan mengkorvesikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis. Perhitungan tentang distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3

Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III

Tahun	Hujan Max. (Xi)	Log Xi	Log Xi - Log X	[Log Xi - Log X] <sup>2</sup>	[Log Xi - Log X] <sup>3</sup>
2002	90	1,954243	-0,009490	0,000090	-0,000001
2003	100	2,000000	0,036268	0,001315	0,000048
2004	125	2,096910	0,133178	0,017736	0,002362
2005	114	2,056905	0,093173	0,008681	0,000809
2006	70	1,845098	-0,118634	0,014074	-0,001670
2007	110	2,041393	0,077660	0,006031	0,000468
2008	73	1,863323	-0,100409	0,010082	-0,001012
2009	60	1,778151	-0,185581	0,034440	-0,006391
2010	118	2,071882	0,108150	0,011696	0,001265
2011	85	1,929419	-0,034313	0,001177	-0,000040
Jumlah	945,00	19,637323	0,000000	0,105324	-0,004163

Sumber : Hasil Pehitungan

$$S_{total} = \sqrt{\frac{\sum (\log Xi - \log X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,105324}{9}} = 0,1082$$

$$\log X = \frac{\sum \log Xi}{n} = \frac{19,637323}{10} = 1,9637323$$

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (\log Xi - \log X)^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{10 \cdot (-0,004163)}{9 \cdot 8 \cdot (0,1082)^3} = -0,4019$$

Tabel 4.3 Distribusi Sebaran Metode Log Pearson III

No	Tr	G	Log Xt	Xt
1	1	-2,6176	1,6806	47,9248
2	2	0,0666	1,9709	93,5277
3	5	0,8550	2,0562	113,8228
4	10	1,2304	2,0968	124,9800
5	25	1,6046	2,1373	137,1866
6	50	1,8319	2,1619	145,1792
7	100	2,0263	2,1829	152,0237

Sumber : Hasil Pehitungan

### 4.1.3 Distribusi Curah Hujan Jam-jaman

Untuk mengubah curah hujan rancangan menjadi debit banjir rancangan, diperlukan curah hujan jam-jaman. Pada umumnya data hujan tersedia pada stasiun meteorologi adalah data hujan harian, artinya data yang tercatat secara kumulatif selama 24 jam. Namun sebagai pendekatan dapat digunakan stasiun curah hujan otomatis yang terdekat. Hasil analisa stasiun hujan otomatis Sukodadi didapat distribusi hujan jam-jaman dengan metode Mononobe dapat dilihat pada Tabel 4.4.

### 4.1.4 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi karakteristik, yaitu:

- Kondisi hujan.
- Luas dan bentuk daerah pengaliran.
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai.
- Suhu udara dan angin serta evaporasi.

Berdasarkan keadaan di atas, maka besarnya koefisien pengaliran pada suatu daerah dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Rasio Distribusi Hujan Metode Mononobe

Jam (T)	Data Hujan (mm)	Distribusi Hujan	Rasio Hujan (%)
1	71	0,5299	52,99
2	52	0,3881	38,81
3	7	0,0522	5,22
4	2	0,0149	1,49
5	2	0,0149	1,49
<b>Total</b>	<b>134</b>		<b>100</b>

Sumber : Hasil Pehitungan

Tabel 4.5. Koefisien Pengaliran

Kondisi Daerah	Nilai C
Daerah pegunungan curam	0,75 - 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 - 0,80
Daerah bergelombang dan hutan	0,50 - 0,75
Daerah dataran yang ditanami	0,45 - 0,60
Pesawahan yang diairi	0,70 - 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di daerah dataran	0,45 - 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50 - 0,75

Sumber : Hasil Pehitungan

Untuk embung Guworejo daerah aliran sungainya didominasi oleh daerah pegunungan tersier, oleh sebab itu koefisien pengalirannya diambil sebesar 0,75.

#### 4.1.5 Analisis Curah Hujan Netto

Hujan netto adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run off*). Dengan asumsi bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu (*linear and time invariant process*), maka hujan netto (Rn) dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$R_n = c \cdot R$$

Dimana:

- R<sub>n</sub> = hujan netto (mm)
- c = koefisien limpasan
- R = intensitas curah hujan

Hujan netto daerah pengaliran sungai Guworejo, disajikan pada Tabel 4.6.

#### 4.1.6 Hidrograf Satuan Sintetik

##### 4.1.6.1 Metode Nakayasu

Dari hasil pengukuran daerah aliran sungai Guworejo diperoleh data sebagai berikut:

Luas DAS (A)	= 2,22 Km <sup>2</sup>
Panjang sungai utama (L)	= 2,48 Km
T <sub>g</sub> = 0,21 · L <sup>0,7</sup>	= 0,40 jam
T <sub>r</sub> = (0,5-1) T <sub>g</sub>	= 0,30 jam
T <sub>p</sub> = T <sub>g</sub> + 0,8 T <sub>r</sub>	= 0,63
T <sub>0,3</sub> = 2 T <sub>g</sub>	= 1,39
R <sub>0</sub>	= 1,00 jam
Q <sub>p</sub> = $\frac{C.A.R_0}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})}$	= 0,29
Koefisien, T <sub>0,3</sub> (α)	= 3,5
T <sub>p</sub> + T <sub>0,3</sub>	= 2,02 jam
T <sub>p</sub> + T <sub>0,3</sub> + 1,5T <sub>0,3</sub>	= 4,10 jam
T <sub>p</sub> + T <sub>0,3</sub> + 1,5T <sub>0,3</sub> + 2T <sub>0,3</sub>	= 6,87 jam
Waktu naik	= - ≤ t <sub>1</sub> < 0,63
Waktu turun -1	= 0,63 ≤ t <sub>2</sub> < 2,02
Waktu turun -2	= 2,02 ≤ t <sub>3</sub> < 4,10
Waktu turun -3	= 4,10 ≤ t <sub>4</sub> < 6,87

$$\begin{aligned} \text{Waktu naik} &= Q_p \times (\text{jam ke} - / T_p)^{2.4} \\ \text{Waktu turun -1} &= Q_p \times 0,3^{((\text{Jam ke}-)-T_p)/T_{0,3}} \\ \text{Waktu turun -2} &= Q_p \times 0,3^{((\text{Jam ke}-)-T_p)+(0,5 \times T_{0,3})/(1,5 \times T_{0,3})} \\ \text{Waktu turun -2} &= Q_p \times 0,3^{((\text{Jam ke}-)-T_p)+(1,5 \times T_{0,3})/(2 \times T_{0,3})} \end{aligned}$$

Debit rencana dan gambar debit rencana dengan kala ulang 50 tahun disajikan pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.2

Tabel 4.6. Hujan Netto Daerah Aliran Sungai Embung Guworejo

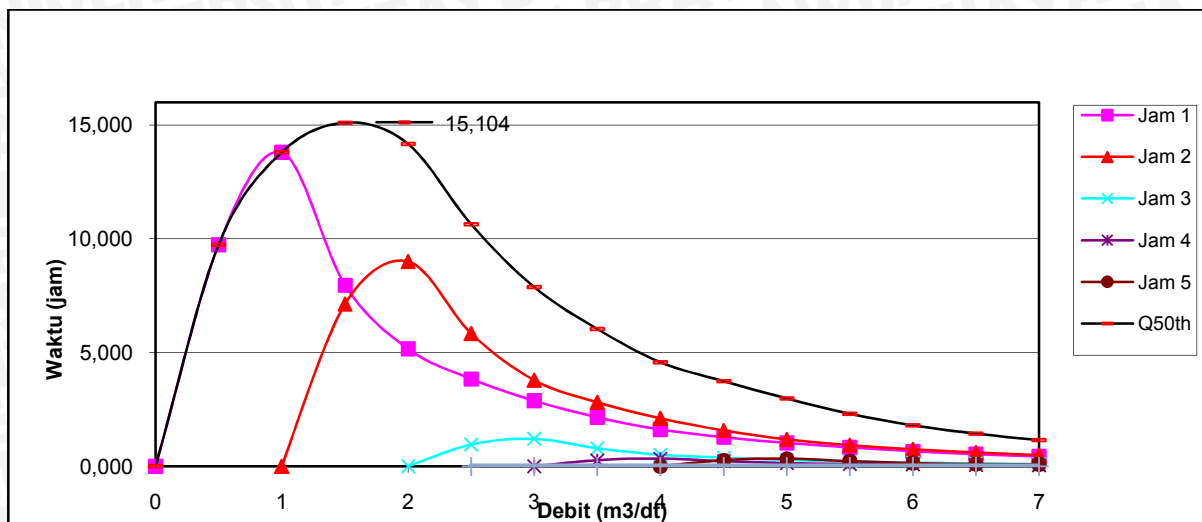
Jam Ke-	Rasio (%)	Hujan Efektif Jam-jaman (mm)						
		1 th	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
		47,92478	93,52768	113,8228	124,98	137,1866	145,1792	152,3811
1	52,99	19,04	37,17	45,23	49,67	54,52	57,69	60,55
2	38,81	13,95	27,22	33,13	36,37	39,93	42,25	44,35
3	5,22	1,88	3,66	4,46	4,90	5,37	5,69	5,97
4	1,49	0,54	1,05	1,27	1,40	1,54	1,63	1,71
5	1,49	0,54	1,05	1,27	1,40	1,54	1,63	1,71
Total	100,00	35,94	70,15	85,37	93,74	102,89	108,88	114,29

Sumber : Hasil Pehitungan

Tabel 4.7. Perhitungan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun

Jam	U (t,i)	Curah Hujan					Debit m <sup>3</sup> /det	Aliran Dasar m <sup>3</sup> /det	Debit m <sup>3</sup> /det
		57,69	42,25	5,69	1,63	1,63			
0	0,000	0,000				0,000	0,001	0,001	
0,5	0,169	9,739				9,739	0,001	9,740	
1	0,213	13,801	0,000			13,801	0,001	13,802	
1,5	0,138	7,970	7,132			15,103	0,001	15,104	
2	0,090	5,164	9,009	0,000		14,173	0,001	14,174	
2,5	0,067	3,848	5,837	0,960		10,645	0,001	10,646	
3	0,050	2,881	3,782	1,213	0,000	7,876	0,001	7,877	
3,5	0,037	2,157	2,818	0,786	0,274	6,036	0,001	6,037	
4	0,028	1,615	2,110	0,509	0,346	4,581	0,001	4,582	
4,5	0,022	1,282	1,580	0,379	0,225	3,740	0,001	3,741	
5	0,018	1,032	1,183	0,284	0,145	2,991	0,001	2,992	
5,5	0,014	0,831	0,939	0,213	0,108	2,315	0,001	2,316	
6	0,012	0,669	0,756	0,159	0,081	1,810	0,001	1,811	
6,5	0,009	0,538	0,608	0,126	0,061	1,442	0,001	1,443	
7	0,008	0,433	0,490	0,102	0,046	1,151	0,001	1,152	
7,5	0,006	0,349	0,394	0,082	0,036	0,922	0,001	0,923	
8	0,005	0,281	0,317	0,066	0,029	0,739	0,001	0,740	
8,5	0,004	0,226	0,255	0,053	0,023	0,594	0,001	0,595	
9	0,003	0,182	0,206	0,043	0,019	0,478	0,001	0,479	
9,5	0,003	0,146	0,166	0,034	0,015	0,385	0,001	0,386	
10	0,002	0,118	0,133	0,028	0,012	0,310	0,001	0,311	
10,5	0,002	0,095	0,107	0,022	0,010	0,249	0,001	0,250	
11	0,001	0,076	0,086	0,018	0,008	0,201	0,001	0,202	
11,5	0,001	0,061	0,069	0,014	0,006	0,162	0,001	0,163	
12	0,001	0,049	0,056	0,012	0,005	0,130	0,001	0,131	
12,5	0,001	0,040	0,045	0,009	0,004	0,105	0,001	0,106	
Maximum									<b>15,104</b>

Sumber : Hasil Pehitungan



Gambar 4.2. Kurva Debit Metode Nakayasu Embung Guworejo Kala Ulang 50 Tahun

Tabel 4.8. Rerata Data Klimatologi Stasiun Karangploso

No.	Uraian	Notasi	Satuan	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	Suhu Udara	ta	°C	26.30	24.96	26.62	26.80	26.60	25.40	24.90	24.24	25.70	25.76	26.08	26.28
2	Kelembaban	RH	%	83.00	86.40	85.80	86.00	84.00	82.20	84.20	76.00	78.40	78.80	82.20	83.20
3	Lama Penyinaran	n	jam	3.98	3.32	4.30	4.44	5.83	6.05	6.02	6.54	5.91	4.69	3.86	4.44
4	Kecepatan Angin	u	m/det	3.21	3.70	2.82	2.69	2.56	2.56	3.92	3.98	4.69	4.44	3.23	3.23

Sumber : Pos PG Ngadirejo Stasiun Klimatologi Karangploso (2007 - 2011)

#### 4.1.7 Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang dipakai sebagai andalan persediaan air sungai pada daerah studi. Debit andalan dihitung dengan menggunakan metode simulasi hujan menjadi aliran (*Rainfall -- runoff model*). Pada studi ini untuk memperkirakan debit sungai dipakai metode F.J. Mock.

Dalam studi ini untuk menghitung besarnya evapotranspirasi digunakan metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia (*Suhardjono, 1990: 54*).

$$E_{to} = c \times E_{to}^*$$

$$E_{to}^* = W (0.75.R_s - R_{n1}) + (1 - W). f(u). (e_a - e_d)$$

Untuk lebih jelasnya data klimatologi stasiun Karangploso dan perhitungan evapotraspirasi potensial dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Evapotranspirasi Embung Guworejo

No.	Uraian	Notasi	Satuan	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1.	Suhu Udara	ta	°C	26.30	24.96	26.62	26.80	26.60	25.40	24.90	24.24	25.70	25.76	26.08	26.28
2.	Koefisien kurve tekanan uap air	v		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
3.	Koefisien kurve tekanan uap air	w		-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70
4.	Koefisien fisik	c		0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485
5.	Slope dari tekanan uap air pada toC	O		0.17	0.14	0.18	0.18	0.18	0.15	0.14	0.13	0.16	0.16	0.17	0.17
6.	O / (O + c)	r		0.26	0.23	0.27	0.27	0.27	0.24	0.23	0.21	0.25	0.25	0.26	0.26
7.	Koefisien Refleksi / albedo	R	ls/hari	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
8.	Radiasi matahari pd. Lap. Atmsf. Teratas	R(top)		916.75	918.50	892.00	830.75	758.50	717.25	732.50	791.00	858.75	901.50	910.75	910.50
9.	Koefisien radiasi matahari	a		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
10.	Koefisien radiasi matahari	b		0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
11.	Lamanya penyinaran matahari aktual	n	jam	3.98	3.32	4.30	4.44	5.83	6.05	6.02	6.54	5.91	4.69	3.86	4.44
12.	Maks. Lamanya penyinaran matahari per-hari	N	jam	12.48	12.40	12.18	11.95	11.80	11.73	11.73	11.88	12.10	12.25	12.48	12.55
13.	Radiasi matahari	R	ls/hari	370	348	374	356	370	357	364	407	416	391	363	382
14.	$(A) = O / (O+c) * [1 / 58 * (1-r)^R]$			1.24	1.03	1.29	1.25	1.28	1.11	1.07	1.12	1.33	1.26	1.20	1.28
15.	Koefisien kurva tekanan uap air	p		5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
16.	Koefisien kurve tekanan uap air	q		16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64	16.64
17.	Tekanan uap air jenuh	es	mm/Hg	25.70	23.71	26.20	26.48	26.16	24.34	23.62	22.70	24.79	24.88	25.36	25.67
18.	Kelembaban udara relatif	RH	%	83.00	86.40	85.80	86.00	84.00	82.20	84.20	76.00	78.40	78.80	82.20	83.20
19.	Tekanan uap air jenuh pada titik embun	ea	mm/Hg	21.33	20.48	22.48	22.77	21.98	20.01	19.89	17.26	19.43	19.60	20.84	21.35
20.	$1/58 * 17 * 10^{(-9) * [ta + 273]^4}$			16.19	15.90	16.26	16.30	16.25	15.99	15.89	15.75	16.06	16.07	16.14	16.18
21.	$0.56 - 0.092 * (ea)^{0.5}$			0.14	0.14	0.12	0.12	0.13	0.15	0.15	0.18	0.15	0.15	0.14	0.13
22.	$0.10 + 0.90 (n/N)$			0.39	0.34	0.42	0.43	0.54	0.56	0.56	0.60	0.54	0.44	0.38	0.42
23.	$(B) = (6) * [(20) * (21) * (22)]$			0.22	0.18	0.22	0.23	0.30	0.32	0.31	0.35	0.33	0.27	0.22	0.24
24.	$c / (O + c)$			0.74	0.77	0.73	0.73	0.73	0.76	0.77	0.79	0.75	0.75	0.74	0.74
25.	Kecepatan angin rata-rata	u	m/det	3.21	3.70	2.82	2.69	2.56	2.56	3.92	3.98	4.69	4.44	3.23	3.23
26.	$0.35 * [0.50 + 0.54 * u]$			0.78	0.87	0.71	0.68	0.66	0.66	0.92	0.93	1.06	1.01	0.79	0.79
27.	[es - ea]			4.37	3.22	3.72	3.71	4.19	4.33	3.73	5.45	5.35	5.27	4.51	4.31
28.	$(C) = (24) * [(26) * (27)]$			2.52	2.17	1.93	1.85	2.02	2.17	2.64	3.98	4.28	4.02	2.64	2.51
29.	Potensial evapo-transpiration	Etp	mm/hari	3.55	3.02	3.00	2.86	2.99	2.95	3.40	4.74	5.27	5.01	3.62	3.56

Sumber : Hasil Perhitungan

Debit aliran rendah untuk embung Guworejo dihitung dengan menggunakan metode FJ. Mock dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Debit Andalan Embung Guworejo

BULAN	TAHUN												RENCANA
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2040		
JAN - I	0,289	0,109	0,035	0,046	0,480	0,024	0,246	0,146	0,198	0,262	0,408		
JAN - II	0,065	0,017	0,062	0,023	0,135	0,014	0,127	0,163	0,326	0,077	0,711		
JAN - III	0,268	0,779	0,096	0,054	0,148	0,102	0,110	0,462	0,259	0,548	0,447		
PEB - I	0,227	0,314	0,314	0,013	0,327	0,183	0,284	0,314	0,053	0,384	0,289		
PEB - II	0,098	0,416	0,037	0,009	0,044	0,025	0,085	0,155	0,236	0,160	0,204		
PEB - III	0,158	0,164	0,409	0,014	0,195	0,047	0,229	0,214	0,306	0,110	0,195		
MAR - I	0,055	0,084	0,423	0,110	0,135	0,029	0,029	0,111	0,457	0,382	0,917		
MAR - II	0,151	0,123	0,559	0,015	0,055	0,081	0,035	0,026	0,450	0,128	0,065		
MAR - III	0,178	0,073	0,188	0,009	0,144	0,487	0,116	0,077	0,335	0,147	0,518		
APR - I	0,085	0,324	0,052	0,210	0,131	0,058	0,019	0,016	0,103	0,267	0,021		
APR - II	0,022	0,039	0,028	0,024	0,108	0,190	0,012	0,011	0,068	0,078	0,199		
APR - III	0,014	0,022	0,017	0,015	0,109	0,032	0,008	0,023	0,312	0,021	0,461		
MEI - I	0,009	0,014	0,011	0,010	0,055	0,018	0,007	0,008	0,178	0,127	0,484		
MEI - II	0,048	0,009	0,008	0,007	0,016	0,190	0,006	0,065	0,341	0,180	0,898		
MEI - III	0,009	0,007	0,021	0,006	0,208	0,032	0,005	0,010	0,045	0,020	0,059		
JUN - I	0,007	0,006	0,007	0,006	0,027	0,186	0,005	0,008	0,022	0,011	0,082		
JUN - II	0,006	0,006	0,006	0,005	0,016	0,025	0,005	0,006	0,227	0,006	0,354		
JUN - III	0,006	0,005	0,006	0,005	0,010	0,015	0,005	0,006	0,025	0,005	0,037		
JUL - I	0,005	0,005	0,005	0,005	0,008	0,010	0,005	0,005	0,036	0,005	0,059		
JUL - II	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,008	0,005	0,005	0,008	0,005	0,010		
JUL - III	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
AGS - I	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
AGS - II	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
AGS - III	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
SEP - I	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
SEP - II	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
SEP - III	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
OKT - I	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
OKT - II	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,117	0,005	0,176		
OKT - III	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,009	0,005	0,012		
NOV - I	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,290	0,005	0,438		
NOV - II	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,117	0,005	0,028	0,005	0,119		
NOV - III	0,005	0,181	0,203	0,005	0,005	0,005	0,063	0,005	0,014	0,005	0,353		
DES - I	0,005	0,109	0,270	0,005	0,005	0,005	0,014	0,005	0,734	0,005	0,740		
DES - II	0,345	0,110	0,036	0,179	0,005	0,005	0,205	0,005	0,231	0,005	0,352		
DES - III	0,097	0,136	0,359	0,034	0,353	0,184	0,113	0,005	0,159	0,005	0,245		



#### 4.1.8 Sedimentasi

Sedimentasi dapat diartikan sebagai pengangkutan, melayani atau mengendapnya material fragmental oleh air. Metoda yang umum digunakan untuk memperkirakan laju sedimen adalah dengan persamaan empiris metoda “Wischmeier dan Smith” (1965).

Metode ini akan menghasilkan perkiraan kasar besarnya erosi kotor (*gross erosion*). Untuk menetapkan besarnya sedimen yang sampai ditempat studi, erosi kotor harus dikalikan dengan ratio pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio*). Metode ini dikenal sebagai formula USLE (*Universal Soil Losses Equation*) dan telah diteliti lebih lanjut jenis tanah dan kondisi di Indonesia oleh Balai Penelitian Tanah Bogor. Faktor-faktor yang perlu dihitung :

##### 4.1.8.1 Erosivitas hujan

Erosivitas hujan adalah tenaga pendorong (*driving force*) yang menyebabkan terkelupas dan terangkutnya partikel-partikel tanah ke tempat yang lebih rendah (chay asdak, 1995: 455). Erosivitas hujan sebagian terjadi karena pengaruh jatuhnya butir hujan langsung di atas tanah dan sebagian lagi karena aliran air di atas permukaan tanah.

Erosi lempeng yaitu erosi dimana butir-butir tanah diangkut lewat permukaan atas tanah oleh selapis tipis limpasan permukaan, yang dihasilkan oleh intensitas hujan yang mengalir diatas permukaan tanah. Untuk menghitung besarnya indeks erosivitas hujan digunakan rumus empiris sebagai berikut :

$$EI_{30} = E \times I_{30} \times 10^{-2}$$

$$E = 14,374 R^{1,075}$$

$$I_{30} = \frac{R}{77,178 + 1,010R}$$

Dimana :

$I_{30}$  = Intensitas hujan maksimum selama 30 menit

$EI_{30}$  = Indeks erosivitas hujan (ton cm/Ha. Jam)

E = Energi kinetik curah hujan (ton m/Ha. Cm)

R = Curah hujan bulanan

Untuk kondisi di Indonesia yang jarang ditemukan penakar hujan otomatis, maka penghitungan  $EI_{30}$  dilakukan berdasarkan curah hujan bulanan (Bols 1978 dalam Hardjowigeno 1989).

Contoh perhitungan:

$$R = 266,47$$

Maka,

$$E = 14,374 \times R^{1,075}$$

$$E = 5823,0375$$

$$I_{30} = \frac{R}{77,178 + 1,010R}$$

$$I_{30} = 0,7695$$

$$EI_{30} = E \times I_{30} \times 10^{-2}$$

$$EI_{30} = 44,8053$$

Selanjutnya perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.11. Hujan Bulanan Rata-rata Daerah Aliran Sungai Guworejo

Bulan	R (mm)
Januari	266,47
Februari	224,4
Maret	242,6
April	126,4
Mei	93,2
Juni	36,2
Juli	7,87
Agustus	1,2
September	8,13
Oktober	23,27
November	75,87
Desember	198,4

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.12. Perhitungan Erosivitas Hujan (EI<sub>30</sub>)

Bulan	R (mm)	E	I <sub>30</sub>	EI <sub>30</sub>
Januari	266,5	5823,04	0,76945	44,8053
Februari	224,4	4840,91	0,73859	35,7545
Maret	242,6	5264,23	0,75294	39,6365
April	126,4	2611,9	0,61706	16,117
Mei	93,2	1882,35	0,54404	10,2408
Juni	36,2	681,066	0,31827	2,16763
Juli	7,87	132,054	0,09245	0,12208
Agustus	1,2	17,4863	0,01531	0,00268
September	8,13	136,749	0,09521	0,1302
Oktober	23,27	423,53	0,23113	0,97889
November	75,87	1508,87	0,49328	7,443
Desember	198,4	4240,67	0,7148	30,3121
Jumlah				187,7107

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.8.2 Erodibilitas tanah

Erodibilitas merupakan ketidaksanggupan tanah untuk menahan pukulan butir-butir hujan. Tanah yang mudah tererosi pada saat dipukul oleh butir-butir hujan mempunyai erodibilitas yang tinggi. Erodibilitas dari berbagai macam tanah hanya dapat diukur dan dibandingkan pada saat terjadi hujan.

Faktor kepekaan tanah dipengaruhi oleh struktur dan teksturnya, serta semakin kuat bentuk agregasi tanah dan semakin halus butir tanah, maka tanahnya tidak mudah lepas satu sama lain sehingga menjadi lebih tahan terhadap pukulan air hujan. Erodibilitas tanah dapat dinilai berdasarkan sifat-sifat fisik tanah sebagai berikut :

- 1) Tekstur tanah yang meliputi :
  - fraksi debu (2 – 50  $\mu\text{m}$ )
  - fraksi pasir sangat halus (50 – 100  $\mu\text{m}$ )
  - fraksi pasir (100 – 200  $\mu\text{m}$ )
- 2) Kadar bahan organik yang dinyatakan dalam %
- 3) Permeabilitas yang dinyatakan sebagai berikut :
  - sangat lambat (< 0,12 cm/jam)
  - lambat (0,125 – 05 cm/jam)
  - agak lambat (0,5 – 2,0 cm/jam)
  - sedang (2,0 – 6,25 cm/jam)
  - agak cepat (6,25 – 12,25 cm/jam)
  - cepat (>12,5 cm/jam)
- 4) Struktur dinyatakan sebagai berikut :
  - granular sangat halus : tanah liat berdebu
  - granular halus : tanah liat berpasir
  - granular sedang : lempung berdebu
  - granular kasar : lempung berpasir

Nilai erodibilitas tanah untuk daerah pengaliran sungai Guworejo adalah  $K = 0,19$ .

#### 4.1.8.3 Panjang dan kemiringan lereng (LS)

Dari penelitian yang telah ada, dapat diketahui bahwa proses erosi dapat terjadi pada lahan dengan kemiringan lebih besar dari 20%. Derajat kemiringan lereng sangat penting, karena kecepatan air dan kemampuan untuk memecah/melepas dan mengangkut partikel-partikel tanah tersebut akan bertambah secara eksponensial dari sudut kemiringan.

Menurut Weischmeier (1965), nilai faktor LS dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- Untuk kemiringan lereng lebih kecil 20%  
$$LS = L^{0.5}/(1.38 + 0.965 \cdot S + 0.138 \cdot S^2)$$
- Untuk kemiringan lereng lebih besar dari 20%

$$LS = (L/22.1)^{0.6} \times (S/9)^{1.4}$$

Dengan :

L = panjang lereng (m)

S = kemiringan lereng (%)

Panjang lereng dapat diukur pada peta topografi, tetapi untuk menentukan batas awal dan ujung dari lereng tersebut mengalami kesukaran. Atas dasar pengertian bahwa erosi dapat terjadi dengan adanya run off (overland flow) maka panjang lereng dapat diartikan sebagai panjang lereng overland flow.

#### 4.1.8.4 Faktor konservasi tanah dan pengelolaan tanaman (C&P)

Nilai indek konservasi tanah dapat diperoleh dengan membagi kehilangan tanah lahan yang diberi perlakuan pengawetan, terhadap tanah tanpa pengawetan. Nilai indek pengolahan tanaman, merupakan angka perbandingan antara erosi dari lahan yang ditanami sesuatu jenis tanaman dan pengelolaan tertentu dengan lahan serupa dalam kondisi dibajak tetapi tidak ditanami.

Tabel 4.13. Faktor Konservasi Tanah dan Pengolahan Tanaman

Jenis Penggunaan Tanah	C& P
Hutan tak terganggu	0.001
tanpa undergrowth	0.003
tanpa undergrowth & seresah	0.005
Semak tak terganggu	0.010
sebagai rumput	0.100
Kebun campuran	0.020
Kebonan	0.070
Kebun pekarangan	0.200
Perkebunan penutupan tanah sempurna	0.010
penutupan tanah sebagian	0.070
Perumputan penutupan tanah sempurna	0.010
ditumbuhi alang-alang	0.020
pembakaran alang-alang setahun sekali	0.060
Tanaman pertanian umbi-umbi bakar	0.630
biji-bijian	0.510
kacang-kacangan campuran	0.360
campuran	0.430
padi irigasi	0.020
Perladangan 1 tahun tanam 1 tahun bera	0.190

Sumber : (DPMA, 1982, Ambar S and Syafrudin and LPT Bogor)

#### 4.1.8.5 Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot)

Erosi potensial adalah erosi maksimum yang mungkin terjadi disuatu tempat dengan keadaan permukaan tanah gundul sempurna, sehingga terjadinya proses erosi hanya disebabkan oleh faktor alam, yaitu iklim, khususnya curah hujan, sifat-sifat internal tanah dan keadaan topografi tanah, (tanpa adanya keterlibatan manusia maupun faktor penutup permukaan tanah, seperti tumbuhan dan sebagainya).

Dengan demikian, maka erosi potensial dapat dinyatakan sebagai hasil ganda antara faktor-faktor curah hujan, erodibilitas tanah dan topografi.

$$E\text{-pot} = R \times K \times LS \times A$$

Dimana :

- E-pot = erosi potensial (ton/tahun)
- R = indeks erosivitas hujan
- K = erodibilitas tanah
- LS = faktor panjang dan kemiringan lereng
- A = luas daerah aliran sungai (Ha)

#### 4.1.8.6 Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)

Erosi aktual terjadi adanya campur tangan manusia dalam kegiatannya sehari-hari, misalnya pengolahan tanah untuk pertanian dan adanya unsur-unsur penutup tanah, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang dibudidayakan oleh manusia.

Penutup permukaan tanah gundul dengan tanaman, akan memperkecil terjadinya erosi sehingga dapat dikatakan bahwa laju erosi aktual selalu lebih kecil dari pada laju erosi potensial. Ini berarti bahwa adanya keterlibatan manusia, misalnya dengan usaha pertanian, akan selalu memperkecil laju erosi potensial. Dapat dikatakan bahwa erosi aktual adalah hasil ganda antara erosi potensial dengan penggunaan lahan tertentu, seperti pada rumus berikut ;

$$E\text{-Akt} = E\text{-pot} \times CP$$

Dengan :

- E-Akt = erosi aktual di DAS (ton/ha/th)
- E-pot = erosi potensial (ton/ha/th)
- CP = faktor indeks tanaman dan pengawetan tanah

#### 4.1.8.7 Pendugaan laju sedimen potensial

Sedimentasi potensial adalah proses pengangkutan sedimen hasil dari proses erosi potensial untuk diendapkan di jaringan irigasi dan lahan persawahan atau tempat-tempat tertentu seperti waduk. Nilai SDR ini tergantung dari luas DPS, yang erat pula hubungannya dengan pola penggunaan lahan. Dan dapat dirumuskan dalam suatu hubungan fungsional, sebagai berikut :

$$SDR = \frac{S.(1 - 0,8683.A^{-0,2018})}{2.(S + 50.n)} + 0,08683.A^{-0,2018}$$



Dengan :

- SDR = ratio pelepasan sedimen, nilainya  $0 < \text{SDR} < 1$   
 A = luas DPS (Ha)  
 S = kemiringan lereng rata-rata permukaan DPS (%)  
 n = koefisien kekasaran Manning

Pendugaan laju sedimen potensial yang terjadi di suatu DPS dihitung dengan persamaan Weischmeier dan Smith (1965), sebagai berikut :

$$S\text{-pot} = E\text{-Akt} \times \text{SDR}$$

Dengan :

SDR = ratio pelepasan sedimen (*Sedimen Delevery Ratio*)

S-pot = laju sedimen potensial

E-Akt = erosi aktual

Berikut merupakan hasil analisa laju sedimen pada Embung Guworejo, yang ditampilkan pada Tabel 4.14.

#### 4.1.9 Tampungan Mati

Hasil perhitungan di atas diketahui sedimen pertahun yang masuk pada embung Guworejo adalah sebesar  $394 \text{ m}^3/\text{tahun}$ . Dari perhitungan di atas total sedimen untuk 25 tahun adalah  $9855 \text{ m}^3$ . Elevasi / tinggi tampungan mati diperkirakan sekitar  $+135,00 \text{ m}$ .

Tabel 4.14. Analisa Sedimen Embung Guworejo

Indeks Erodibilitas Tanah (K)	:	0.190
Berat Jenis dari material sedimen	:	$1.65 \text{ ton/m}^3$
Koefisien Kekasaran Manning (n)	:	0.035
Faktor Indeks Pengolahan Tanaman (CP)	:	0.057
Rainfall Erosivity Indeks ( $EI_{30}$ )	:	$188 \text{ ton m/Ha tahun}$

Elevasi(m)	Slope (S) (%)	Panjang dr Slope(L) (m)	Luas (A)		Ls	E Pot (ton/tahun)	E Akt (ton/tahun)	SDR	S Pot (ton/tahun)
			(Km <sup>2</sup> )	(Ha)					
< 150	7,2	265	0,66	66	2,51	5917	337	0,29	98
	5,9	253	0,63	63	1,91	4298	245	0,28	68
		Total	1,29						
150 - 200	16,2	317	0,56	56	9,45	18903	1077	0,32	340
			Total	0,56					
> 200	14,7	271	0,2	20	7,51	5365	306	0,28	86
	13,3	251	0,18	18	6,1	3922	224	0,28	62
		Total	0,38						
Total of Cathment Area (Km <sup>2</sup> )			2,22		<b>Total Sedimentasi Potensial</b>		(ton/tahun)	654	
					<b>Total Sedimentasi Potensial</b>		(m <sup>3</sup> /tahun)	394,2	
					<b>Sedimen Transport Potensial</b>		(mm/Km <sup>2</sup> /tahun)	0,178	
					<b>Total sedimen 25 tahun</b>		m <sup>3</sup>	9855	
					<b>Tinggi Tampungan Mati/Elevasi</b>		m	4	135

Sumber : Hasil Pehitungan

#### 4.1.10 Tampang Efektif

Pada embung Guworejo elevasi terendah yang direncanakan yaitu pada ketinggian + 131,00 dan elevasi tertinggi yang direncanakan yaitu pada ketinggian +151,00. Jadi tampungan efektif pada embung Guworejo adalah pada ketinggian +140,50 dan volume pada ketinggian tersebut adalah  $63.636,27 \text{ m}^3 - 9.854,84 \text{ m}^3 = 53.781 \text{ m}^3$ .

#### 4.2. Simulasi Waduk

Simulasi waduk dari studi ini bertujuan menemukan hubungan antara debit masuk (*inflow*), volume tampungan embung dan tinggi embung, kebutuhan air irigasi, dan kebutuhan air baku.

##### 4.2.1 Kebutuhan Air Penduduk

Kebutuhan air untuk embung Guworejo direncanakan sampai pada tahun 2040. Analisis jumlah penduduk dan analisis kebutuhan air penduduk akan disajikan pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16.

Tabel 4.15. Jumlah Penduduk dari Tahun ke Tahun

Tahun	Populasi
2015	7.481
2016	7.573
2017	7.665
2018	7.758
2019	7.853
2020	7.949
2021	8.046
2022	8.144
2023	8.243
2024	8.344
2025	8.446
2026	8.549
2027	8.653
2028	8.759
2029	8.866
2030	8.974
2031	9.083
2032	9.194
2033	9.306
2034	9.420
2035	9.535
2036	9.651
2037	9.769
2038	9.888
2039	10.008
2040	10.131

Sumber : Hasil Pehitungan

#### 4.2.2 Kebutuhan Air Irigasi

Untuk kebutuhan air irigasi menggunakan pola tanam padi-padi-palawija. Kebutuhan air irigasi dengan pola tanam padi-padi-palawija akan disajikan pada Tabel 4.17.

#### 4.2.3 Analisis Kebutuhan Air Embung Guworejo

Kebutuhan air pada saat musim kemarau direncanakan untuk 25 tahun mendatang. Analisis kebutuhan air pada saat musim kemarau akan disajikan pada Tabel 4.18. Jadi volume air yang dibutuhkan yaitu volume air outflow dikurangi volume air inflow dan ditambah volume tampungan mati. Hasilnya yaitu volume air yang dibutuhkan pada tahun 2040 untuk embung Guworejo adalah 49.245 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.4 Data Tampungan

Setelah diadakan pengukuran, maka diperoleh data tampungan yang merupakan hubungan antara luas genangan, tinggi tampungan, dan volume tampungan. Berikut merupakan tabel dan grafik tampungan embung Guworejo dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.16. Kebutuhan Air Penduduk

No.	Demand	January			February			March			April			May			June		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Domestic	6078	6078	6686	6078	6078	4863	6078	6078	6686	6078	6078	6078	6078	6078	6686	6078	6078	6078
2	Live stock																		
	Total :	6078	6078	6686	6078	6078	4863	6078	6078	6686	6078	6078	6078	6078	6078	6686	6078	6078	6078
	Losses (10 %):	608	608	669	608	608	486	608	608	669	608	608	608	608	608	669	608	608	608
	Netto Demand (m <sup>3</sup> ):	6686	6686	7355	6686	6686	5349	6686	6686	7355	6686	6686	6686	6686	6686	7355	6686	6686	6686
	Netto Demand (m <sup>3</sup> /s):	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077
No.	Demand	July			August			September			October			November			December		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Domestic	6078	6078	6686	6078	6078	6686	6078	6078	6078	6078	6078	6686	6078	6078	6078	6078	6078	6686
2	Live stock																		
	Total :	6078	6078	6686	6078	6078	6686	6078	6078	6078	6078	6078	6686	6078	6078	6078	6078	6078	6686
	Losses (10 %):	608	608	669	608	608	669	608	608	608	608	608	669	608	608	608	608	608	669
	Netto Demand (m <sup>3</sup> ):	6686	6686	7355	6686	6686	7355	6686	6686	6686	6686	6686	7355	6686	6686	6686	6686	6686	7355
	Netto Demand (m <sup>3</sup> /s):	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077

Sumber : Hasil Pehitungan

Tabel 4.17. Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Padi – Padi - Palawija

ITEM	UNIT	JANUARY			PEBRUARY			MARCH			APRIL			MAY		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Kebutuhan Air di intake	lt/s/ha	0,63	0,55	0,60	0,69	0,62	0,64	0,36	0,24	0,80	1,02	1,71	1,42	1,10	0,98	0,97
ITEM	UNIT	JUNE			JULY			AUGUST			SEPTEMBER					
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Kebutuhan Air di intake	lt/s/ha	1,09	0,91	0,90	0,77	0,52	0,28	0,30	0,29	0,45	0,58	0,70	0,83			
ITEM	UNIT	OCTOBER			NOVEMBER			DECEMBER			MAXIMUM	TOTAL	AVERAGE			
		I	II	III	I	II	III	I	II	III						
Kebutuhan Air di intake	lt/s/ha	0,80	0,80	0,77	0,64	0,36	0,24	1,24	1,32	1,50	1,71	27,61	0,77			

Sumber : Hasil Pehitungan



Tabel 4.18. Kebutuhan Air Saat Musim Kemarau Tahun 2040

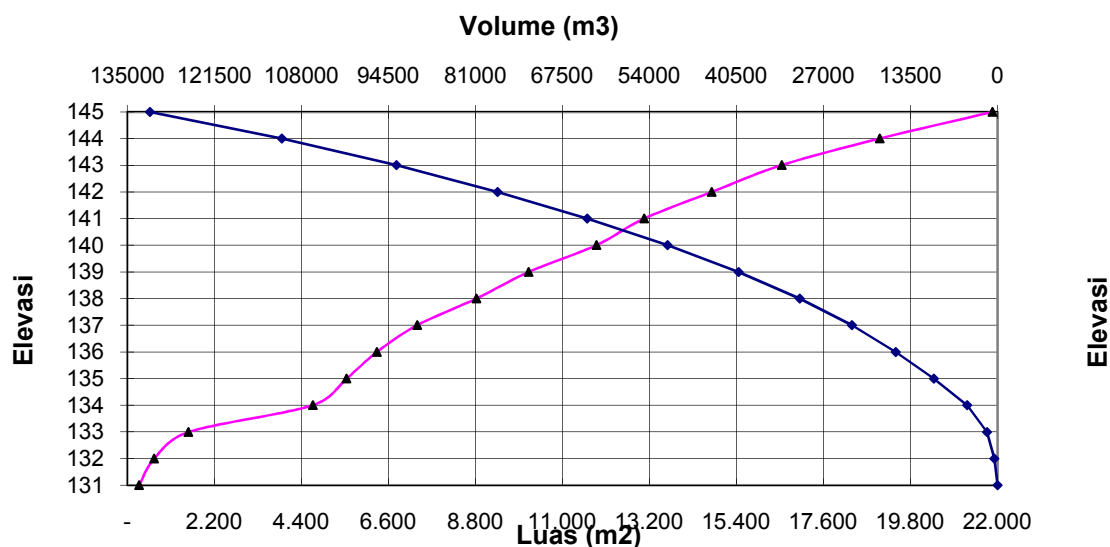
Bulan	Total Hari (hr)	Inflow m <sup>3</sup> /dt	Total Inflow m <sup>3</sup>	Evapo mm/hr	Total Evapo m <sup>3</sup>	Outflow		Rembesan m <sup>3</sup> /hari	Total Rembesan m <sup>3</sup>	Total Outflow m <sup>3</sup>
						Irigasi m <sup>3</sup>	Air Baku m <sup>3</sup>			
1	2	7	8	9	10	13	14	15	16	17
Jul-2	10	0,0103	8873	3,404	421,689	1782	6686	7,08	70,8	8960
Jul-3	11	0,0052	4907	3,404	463,683	1055	7355	7,08	77,88	8951
Ags-1	10	0,0050	4320	4,744	583,725	1026	6686	7,08	70,8	8367
Ags-2	10	0,0050	4320	4,744	577,946	988	6686	7,08	70,8	8323
Ags-3	11	0,0050	4752	4,744	629,668	1697	7355	7,08	77,88	9760
Sep-1	10	0,0050	4320	5,274	625,661	2002	6686	7,08	70,8	9385
Sep-2	10	0,0050	4320	5,274	612,565	2431	6686	7,08	70,8	9801
Sep-3	10	0,0050	4320	5,274	596,743	2870	6686	7,08	70,8	10223
Okt-1	10	0,0050	4320	5,008	548,943	2768	6686	7,08	70,8	10074
Total			44452							83843

Sumber : Hasil Pehitungan

Tabel 4.19. Elevasi, Luas dan Volume Tampunguan Embung Guworejo

Elevasi	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume Kumulatif (m <sup>3</sup> )
131	299,4	0	0
132	684,58	491,99	491,99
133	1544,08	1114,33	1606,32
134	4692,53	3118,31	4724,63
135	5546,52	5119,52	9844,15
136	6311,42	5928,97	15773,12
137	7332,24	6821,83	22594,95
138	8826,24	8079,24	30674,19
139	10147,51	9486,88	40161,07
140	11867,46	11007,48	51168,55
141	13067,99	12467,72	63636,27
142	14774,37	13921,18	77557,45
143	16549,75	15662,06	93219,51
144	19027,21	17788,48	111007,99
145	21875,54	20451,37	131459,36
146	25150,25	23512,89	154972,25
147	28915,19	27032,72	182004,97
148	33243,72	31079,46	213084,43
149	38220,23	35731,98	248816,41
150	43941,71	41080,97	289897,38

Sumber : Hasil Pehitungan



Gambar 4.3. Kurva Hubungan Elevasi dengan Volume Kumulatif Tampunguan

Dari hasil kebutuhan tampungan didapatkan volume yang dibutuhkan adalah 49.245 m<sup>3</sup>. Maka dari itu volume air maksimum harus lebih besar dari volume air yang dibutuhkan yaitu rencananya volume maksimumnya sebesar 57.239 m<sup>3</sup> berada pada elevasi +140,5 m. Berikut hasil simulasi embung Guworejo pada tahun 2040 akan disajikan pada Tabel 4.20.

