

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Pertambahan Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk menggunakan cara perhitungan laju pertumbuhan geometri (Geometric Rate of Growth), pertumbuhan eksponensial (Eksponential Rate of Growth) dan metode aritmatika (Arithmetic Rate of Growth). Berikut akan dibahas pertumbuhan jumlah penduduk beserta prosentase pertambahan penduduk di Desa Gadding Kecamatan Manding Kabupaten Sumenep.

- **Perhitungan Jumlah Penduduk Desa Gadding**

- Jumlah penduduk tahun 2007 = 3420 jiwa

- Jumlah penduduk tahun 2008 = 3538 jiwa

Pertambahan penduduk :

Jumlah penduduk tahun 2008 - Jumlah penduduk tahun 2007

$$= 3538 - 3420$$

$$= 118 \text{ jiwa}$$

Prosentase pertumbuhan penduduk:

$$= \frac{\text{besar pertumbuhan penduduk}}{\text{jumlah penduduk tahun 2007}}$$

$$= \frac{118}{3420} \times 100\%$$

$$= 3,45\%$$

- Jumlah penduduk tahun 2008 = 3538 jiwa

- Jumlah penduduk tahun 2009 = 3680 jiwa

Pertambahan penduduk:

= Jumlah penduduk tahun 2009 - Jumlah penduduk tahun 2008

$$= 3680 - 3538$$

$$= 142 \text{ jiwa}$$

Prosentase pertumbuhan penduduk:

$$= \frac{\text{besar pertumbuhan penduduk}}{\text{jumlah penduduk tahun 2008}}$$

$$= \frac{142}{3538} \times 100\%$$

$$= 4,013 \%$$

➤ Jumlah penduduk tahun 2009 = 3680 jiwa

➤ Jumlah penduduk tahun 2010 = 3993 jiwa

Pertambahan penduduk:

$$= \text{Jumlah penduduk tahun 2010} - \text{Jumlah penduduk tahun 2009}$$

$$= 3993 - 3680$$

$$= 313 \text{ jiwa}$$

Prosentase pertumbuhan penduduk:

$$= \frac{\text{besar pertumbuhan penduduk}}{\text{jumlah penduduk tahun 2009}}$$

$$= \frac{313}{3680} \times 100\%$$

$$= 8,51 \%$$

➤ Jumlah penduduk tahun 2010 = 3993 jiwa

➤ Jumlah penduduk tahun 2011 = 3701 jiwa

Pertambahan penduduk:

$$= \text{Jumlah penduduk tahun 2011} - \text{Jumlah penduduk tahun 2010}$$

$$= 3701 - 3993$$

$$= -292 \text{ jiwa}$$

Prosentase pertumbuhan penduduk:

$$= \frac{\text{besar pertumbuhan penduduk}}{\text{jumlah penduduk tahun 2010}}$$

$$= \frac{-292}{3993} \times 100\%$$

$$= -7,31 \%$$

➤ Jumlah penduduk tahun 2011 = 3701 jiwa

➤ Jumlah penduduk tahun 2012 = 3706 jiwa

Pertambahan penduduk:

$$= \text{Jumlah penduduk tahun 2012} - \text{Jumlah penduduk tahun 2011}$$

$$= 3706 - 3701$$

$$= 5 \text{ jiwa}$$

Prosentase pertumbuhan penduduk:

$$= \frac{\text{besar pertumbuhan penduduk}}{\text{jumlah penduduk tahun 2011}} \\ = \frac{5}{3701} \times 100\% \\ = 0,135 \%$$

- Jumlah penduduk tahun 2012 = 3706 jiwa
- Jumlah penduduk tahun 2013 = 4006 jiwa

Pertambahan penduduk:

$$= \text{Jumlah penduduk tahun 2013} - \text{Jumlah penduduk tahun 2012} \\ = 4006 - 3706 \\ = 300 \text{ jiwa}$$

Prosentase pertumbuhan penduduk:

$$= \frac{\text{besar pertumbuhan penduduk}}{\text{jumlah penduduk tahun 2012}} \\ = \frac{300}{3706} \times 100\% \\ = 8,095 \%$$

- Rata-rata pertumbuhan penduduk Desa Gadding:

$$= \frac{118 + 142 + 313 + (-292) + 5 + 300}{6} \\ = 98 \text{ jiwa}$$

- Rata-rata prosentase pertumbuhan penduduk Desa Gadding:

$$= \frac{3,45\% + 4,01\% + 8,5\% + (-7,31\%) + 0,135\% + 8,095\%}{6} \\ = 2,81\%$$

**Tabel 4.1 Rata-rata pertumbuhan penduduk**

No.	Desa	Jumlah Penduduk ( Jiwa )							Rerata Pertumbuhan Penduduk	
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Jiwa	%
1	Gadding	3420	3538	3680	3993	3701	3706	4006	98	2.81

Sumber: Perhitungan

#### 4.1.1 Proyeksi pertumbuhan penduduk metode Geometri

Proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode geometri dihitung dengan menggunakan persamaan (2-43). Berikut adalah contoh perhitungan pertumbuhan penduduk dengan metode geometri untuk Desa Gadding.

Jumlah penduduk tahun 2013 ( $P_0$ ) = 4006 jiwa

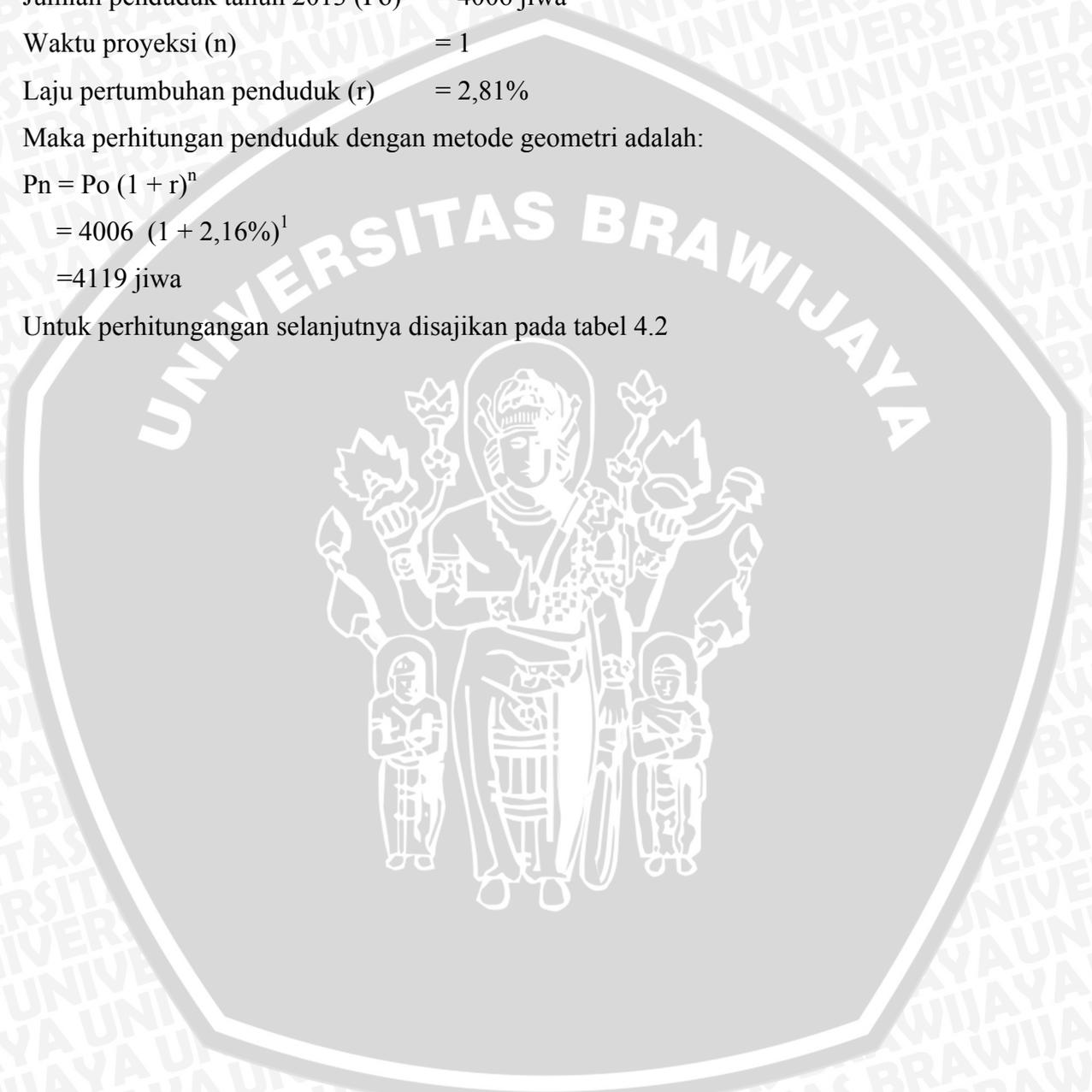
Waktu proyeksi ( $n$ ) = 1

Laju pertumbuhan penduduk ( $r$ ) = 2,81%

Maka perhitungan penduduk dengan metode geometri adalah:

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r)^n \\ &= 4006 (1 + 2,81\%)^1 \\ &= 4119 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Untuk perhitungannya selanjutnya disajikan pada tabel 4.2



**Tabel 4.2 Proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode geometri**

Tahun	Jumlah Penduduk ( jiwa )
2014	4119
2015	4234
2016	4353
2017	4476
2018	4601
2019	4731
2020	4864
2021	5000
2022	5141
2023	5285

*Sumber: Perhitungan*

#### **4.2. Kebutuhan Air Baku Untuk Domestik**

Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan standart yang biasa digunakan serta kreteria pelayanan yang didasarkan pada katagori kotanya. Dalam setiap katagori tertentu kebutuhan air per orang per hari berbeda beda.

**Tabel 4.3. Standart Kebutuhan Air**

Katagori kota	Kebutuhan Air bersih
	( liter/orang/hari)
Kota Metropolitan	150-200
Kota Besar	120-150
Kota Sedang	90-120
Kota Kecil	60-90
Desa	40-60

*Sumber: DPU Cipta Karya*

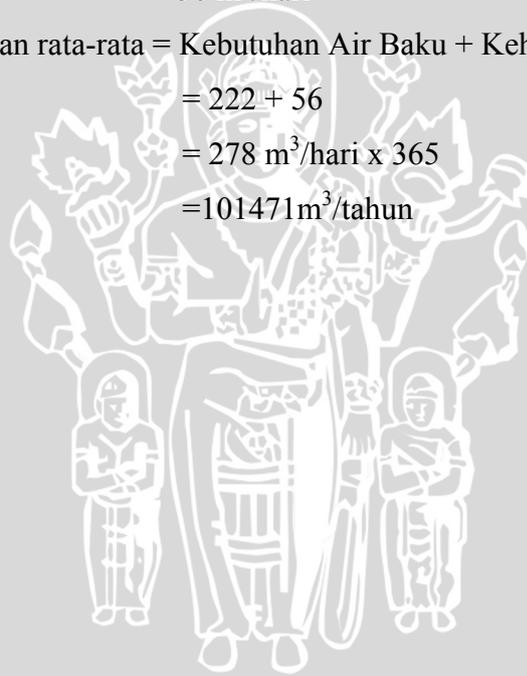
Besarnya kebutuhan air minum, terutama dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan laju pertambahan penduduk untuk tahun tahun yang akan datang.

Sedangkan rerata kebutuhan air untuk rumah tangga di Desa Gadding adalah sebesar 60 l/org/hari. Kebutuhan air untuk rumah tangga tersebut termasuk pada katagori kebutuhan air baku untuk desa, dengan tingkat pelayanan direncanakan 90% sampai tahun 2023.

#### 4.2.1 Proyeksi Kebutuhan Air Baku

Perhitungan proyeksi kebutuhan air baku mulai tahun 2014 sampai tahun 2023. Contoh perhitungan proyeksi kebutuhan air baku tahun 2014 pada Desa Gadding, yaitu :

1. Pelayanan Penduduk = 90%
2. Kebutuhan air baku = 60 l/org/hari
3. Proyeksi jumlah penduduk tahun 2014 = 4119 jiwa
4. Kebutuhan Air baku =  $4119 \times 90\% \times 60 \times 10^{-3}$   
= 222 m<sup>3</sup>/hari
5. Kehilangan Air = 25 % x kebutuhan air baku  
= 25 % x 222  
= 56 m<sup>3</sup>/hari
6. Total Kebutuhan rata-rata = Kebutuhan Air Baku + Kehilangan Air  
= 222 + 56  
= 278 m<sup>3</sup>/hari x 365  
= 101471 m<sup>3</sup>/tahun



**Tabel 4.4. Proyeksi Kebutuhan Air Baku**

No	Uraian	Tahun									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Proyeksi jumlah penduduk ( jiwa )	4119	4234	4353	4476	4601	4731	4864	5000	5141	5285
2	Pelayan penduduk ( % )	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
3	Kebutuhan air (l/dt/hari)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
4	Kebutuhan air baku	222	229	235	242	248	255	263	270	278	285
5	Kehilangan air ( m3/dt)	56	57	59	60	62	64	66	68	69	71
6	Total kebutuhan rata-rata ( m3/dt/hari )	278	286	294	302	311	319	328	338	347	357
7	Total kebutuhan rata-rata ( m3/dt/tahun )	101471	104323	107254	110268	113366	116552	119827	123194	126656	130215

Sumber : Perhitungan

### 4.3. Curah Hujan Daerah ( *Area Rainfall* )

Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun pada tiga stasiun hujan yaitu stasiun Batu Putih , stasiun Manding dan stasiun Gapura, dilakukan analisa data curah hujan yang diamati dari setiap titik (*point rainfall*) / pos stasiun hujan menjadi curah hujan wilayah / daerah (*area rainfall*) adalah dengan menggunakan Metode Rerata Aljabar :

Tabel 4.5. Curah Hujan Rerata Menggunakan Metode Rerata Aljabar

TAHUN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES	Max
2003	199	251	177	103	152	13	0	0	0	7	180	202	1283
2004	136	75	189	44	66	20	4	0	0	0	99	297	931
2005	113	95	137	123	99	29	37	8	0	85	99	279	1104
2006	282	152	220	225	156	37	1	3	0	1	3	148	1227
2007	147	204	234	217	128	78	9	12	0	47	105	169	1351
2008	197	209	172	124	16	25	0	0	0	17	283	173	1216
2009	136	68	136	92	110	13	0	0	0	0	61	103	718
2010	212	160	106	169	186	138	162	50	77	96	161	238	1756
2011	241	82	127	191	78	24	0	0	0	2	135	152	1031
2012	213	213	188	108	46	11	0	0	0	2	78	235	1093
Rata-Rata	188	151	169	140	104	39	21	7	8	26	121	199	1171

Sumber : Data BBWS Brantas

#### 4.3.1 Pendugaan Debit Aliran Sungai dengan Model NRECA

Model NRECA digunakan untuk memprediksi besarnya debit aliran sungai. Tahapan untuk menghitung Debit Sungai dengan Metode NRECA pada Bulan Januari adalah sebagai berikut:

1. Menentukan parameter Model NRECA yang terdiri dari PSUB (*Percent Sub Surface*), GWF (*Ground Water Flow*), NOM (Nominal), SMS (*Soil Moisture Storage*), dan GWS (*Ground Water Storage*) sesuai dengan kondisi DAS.

Tabel 4.6. Parameter Model NRECA

Parameter Model NRECA	Nilai
PSUB	0,95
GWF	0,10
SMS	50
GWS	950

2. Menggunakan data curah hujan bulanan (P) dan evapotranspirasi potensial (PET) hasil perhitungan sebelumnya.

3. Menghitung NOM (Nominal)

$$\text{NOM} = 100 + 0,2 \times \text{hujan rata-rata tahunan}$$

$$\text{NOM} = 100 + 0,2 \times 1171,06 = 334,21$$

4. Menghitung  $SMS_{n+1}$ . Besarnya nilai  $SMS_n$  berdasarkan parameter yang diketahui.

$$SMS_{n+1} = SMS_n + D_{\text{storage}}$$

$$SMS_{n+1} = 50 + 41,73 = 91,73 \text{ mm}$$

5. Menghitung  $S_r$  (angka tumpangan)

$$S_r = \frac{SMS}{NOM}$$

$$= \frac{50}{334,21} = 0,15$$

6. Menghitung  $P/PET$

$$\frac{P}{PET} = \frac{188}{144,48} = 1,30$$

7. Menghitung  $AET/PET$

karena  $\frac{P}{PET} > 1$  maka  $\frac{AET}{PET} = 1$

8. Menghitung  $AET$

$$AET = PET \times (AET/PET)$$

$$AET = 144,48 \times 1 = 144,48 \text{ mm}$$

9. Menghitung  $P-AET$

$$P-AET = 188 - 144,48$$

$$= 43,12 \text{ mm}$$

10. Menghitung  $exrat$  (*excess moisture ratio*), karena harga  $S_r > 0$

$$exrat = 0,5 \times [1 + tgh(2S_r - 2)]$$

$$= 0,5 \times [1 + tgh(2 \times 0,15 - 2)]$$

$$= 0,0322$$

11. Menghitung  $excm$  (*excess soil moisture*)

$$excm = exrat \times (P - AET)$$

$$excm = 0,0322 \times 43,12 = 1,39 \text{ mm}$$

12. Menghitung  $D_{\text{storage}}$

$$D_{\text{storage}} = P - AET - excm$$

$$D_{\text{storage}} = 43,12 - 1,39 = 41,73 \text{ mm}$$

13. Menghitung  $Rech$  (infiltrasi)

$$Rech = PSUB \times excm$$

$$Rech = 0,95 \times 1,39 = 1,32 \text{ mm}$$

14. Menentukan nilai GWS awal  $n+1$  berdasarkan parameter DAS

$$\begin{aligned} \text{GWS awal } n+1 &= \text{GWS akhir} - \text{GF} \\ &= 951,32 - 95,13 = 856,19 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GWS}_{\text{akhir}} &= \text{Rech} + \text{GWS awal } n+1 \\ &= 1,32 + 950 = 951,32 \text{ mm} \end{aligned}$$

15. Menghitung GF (*Groundwater Flow*)

$$\text{GF} = \text{GWF} \times \text{GWS}_{\text{akhir}}$$

$$\text{GF} = 0,1 \times 951,32 = 95,13 \text{ mm}$$

16. Menghitung DF (*Direct Runoff*)

$$\text{DF} = \text{excm} - \text{Rech}$$

$$\text{DF} = 1,39 - 1,32 = 0,07 \text{ mm}$$

17. Menghitung total debit aliran sungai

$$Q = (\text{DF} + \text{GF}) \cdot A$$

$$Q = \left( \frac{0,07 + 95,13}{1000} \right) \cdot (2,02 \cdot 10^6) / (31,24 \cdot 60 \cdot 60)$$

$$Q = 0,072 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tolak ukur yang digunakan untuk mengetahui akurasi atau kalibrasi parameter Model NRECA ini adalah debit hasil Model NRECA pada bulan Januari adalah 0,072 m<sup>3</sup>/detik.

Perhitungan disajikan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Hasil Pendugaan Metode NRECA



#### 4.4. Analisa Kebutuhan Air Irigasi

##### 4.4.1 Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif

Dasar perhitungan untuk mendapatkan curah hujan andalan dan curah hujan efektif adalah dari masing-masing data curah hujan rata-rata 10 harian dari ketiga stasiun yaitu stasiun Batu Putih, stasiun Manding dan stasiun Gapura, selama 10 tahun (2003-2012). Untuk perhitungan curah hujan andalan, data masukan untuk perhitungan yang digunakan adalah tahun dasar perencanaan  $R_{80}$  (Metode *Basic Year*). Hal tersebut berarti curah hujan yang terjadi sama atau lebih besar dari  $R_{80}$  yaitu 80%.

$R_{80}$  adalah urutan ke  $\frac{n}{5} + 1$

$$R_{80} = \frac{10}{5} + 1$$

$R_{80} = 3 \approx$  Curah hujan terurut no 3 adalah curah hujan andalan 80%

Data curah hujan selengkapnya disajikan pada Tabel 4.8. dan Tabel 4.9.



Tabel 4.8. Curah Hujan Rerata 3 Stasiun Hujan Desa Gadding

Tahun	Stasiun Batu Putih	Stasiun Manding	Stasiun Gapura	Rerata
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2003	1053	1637	1158	1283
2004	830	1157	805	931
2005	1300	1055	958	1104
2006	1080	1575	1027	1227
2007	1103	1985	965	1351
2008	900	1567	1182	1216
2009	277	1133	745	718
2010	1101	2433	1733	1756
2011	848	1134	1111	1031
2012	719	1501	1061	1093

Sumber : Data BBWS Brantas

Tabel 4.9. Perhitungan Curah Andalan dengan Metode Basic Year

No	Data Hujan		Rangking Data	
	Tahun	R (mm)	Tahun	R (mm)
1	2003	1283	2010	1756
2	2004	931	2007	1351
3	2005	1104	2003	1283
4	2006	1227	2006	1227
5	2007	1351	2008	1216
6	2008	1216	2005	1104
7	2009	718	2012	1093
8	2010	1756	2011	1031
9	2011	1031	2004	931
10	2012	1093	2009	718

Sumber : Hasil Perhitungan

Curah hujan efektif untuk tanaman padi pada ditentukan dengan berdasarkan 70% dari perhitungan curah hujan dengan keandalan 80%. Data hujan pada Daerah Irigasi Gadding menggunakan periode 10 harian, maka contoh perhitungan curah hujan efektif padi Bulan Januari adalah sebagai berikut..

$$\begin{aligned}
 \text{Repadi} &= (R_{80} \times 70\%) / 10 \\
 &= (132 \times 70\%) / 10 \\
 &= 9,3 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Sedangkan curah hujan efektif untuk tanaman palawija ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Re palawija} &= (R_{80} \times 50\%) / 10 \\
 &= (132 \times 50\%) / 10 \\
 &= 6.6 \text{ mm/ hari}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Perhitungan Curah Hujan Efektif Tanaman Padi dan Palawija

Bulan	Periode	Curah Hujan	Re Padi	Re Padi	Re Pol.	Re Pol.
		(mm)	(mm)	(mm/hr)	(mm)	(mm/hr)
Januari	I	132	92.6	9.3	66.2	6.6
	II	29	20.3	2.0	14.5	1.5
	III	96	67.2	6.7	48.0	4.8
Pebruari	I	64	44.8	4.5	32.0	3.2
	II	108	75.6	7.6	54.0	5.4
	III	79	55.1	5.5	39.3	3.9
Maret	I	60	42.2	4.2	30.2	3.0
	II	76	53.4	5.3	38.2	3.8
	III	19	13.1	1.3	9.3	0.9
April	I	61	42.7	4.3	30.5	3.1
	II	28	19.6	2.0	14.0	1.4
	III	35	24.7	2.5	17.7	1.8
Mei	I	69	48.1	4.8	34.3	3.4
	II	60	42.0	4.2	30.0	3.0
	III	22	15.6	1.6	11.2	1.1
Juni	I	6	4.2	0.4	3.0	0.3
	II	2	1.2	0.1	0.8	0.1
	III	6	4.4	0.4	3.2	0.3
Juli	I	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	II	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	III	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agustus	I	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	II	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	III	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sept.	I	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	II	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	III	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Okto.	I	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	II	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	III	7	4.7	0.5	3.3	0.3
Nov.	I	19	13.5	1.4	9.7	1.0
	II	57	39.9	4.0	28.5	2.9
	III	104	72.6	7.3	51.8	5.2
Des.	I	106	74.4	7.4	53.2	5.3
	II	65	45.5	4.6	32.5	3.3
	III	31	21.5	2.1	15.3	1.5

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.5 Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman Modifikasi. Data klimatologi yang diambil dari Stasiun hujan desa Gadding Kecamatan Manding. Data klimatologi yang digunakan adalah data tahun 2013. Data-data yang diperoleh dari stasiun klimatologi yaitu temperatur ( $t$ ), kelembaban Relatif ( $R_h$ ), lama penyinaran ( $n/N$ ) dan kecepatan angin ( $u$ ).

Tabel 4.11. Hubungan Temperatur ( $t$ ) dengan Nilai  $e_a$  (mbar),  $w$ ,  $(1-w)$  dan  $f(t)$

Suhu ( $t$ ) °C	$e_a$ mbar	$w$ elevasi 1-250	$f(t)$
24	29,85	0,735	15,4
24,20	30,21	0,74	15,45
24,40	30,57	0,74	15,50
24,60	30,94	0,74	15,55
24,80	31,31	0,74	15,60
25,00	31,69	0,75	15,65
25,20	32,06	0,75	15,70
25,40	32,45	0,75	15,75
25,60	32,83	0,75	15,80
25,80	33,22	0,75	15,85
26,00	33,62	0,76	15,90
26,20	34,02	0,76	15,95
26,40	34,42	0,76	16,00
26,60	34,83	0,76	16,05
26,80	35,25	0,76	16,10
27,00	35,66	0,77	16,15
27,20	36,09	0,77	16,20
27,40	36,50	0,77	16,25
27,60	36,94	0,77	16,30
27,80	37,37	0,77	16,35
28,00	37,81	0,78	16,40
28,20	38,25	0,78	16,45
28,40	38,70	0,78	16,50
28,60	39,14	0,78	16,55
28,80	39,16	0,78	16,60
29,00	40,06	0,79	16,65

Sumber : Lily Montarcih, 2009 : 33

Tabel 4.12. Besaran Nilai Angot (Ra) dalam Evaporasi Ekuivalen dalam Hubungannya dengan Letak Lintang (mm/hari) (Untuk Indonesia, antara 5<sup>0</sup> LU sampai 10<sup>0</sup> S)

Bulan	Lintang Utara				Lintang Selatan				
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Januari	13,0	14,3	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,1
Februari	14,0	15,0	15,3	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,0
Maret	15,0	15,5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,5	15,3
April	15,1	15,5	15,3	15,3	15,7	14,9	14,7	14,4	14,0
Mei	15,3	14,9	14,6	14,4	14,1	13,8	13,4	13,1	12,6
Juni	15,0	14,4	14,2	13,9	13,5	13,2	12,8	12,4	12,6
Juli	15,1	14,6	14,3	14,1	13,7	13,4	13,1	12,7	11,8
Agustus	15,3	15,1	14,9	14,8	14,5	14,3	14,0	13,7	12,2
Sept.	15,1	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1	15,0	14,9	13,3
Okt.	15,7	15,1	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	14,6
Nov.	14,3	14,5	14,8	15,4	15,3	15,5	15,8	16,0	15,6
Des.	14,6	14,1	14,4	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,0
Maks	13,0	14,1	14,2	13,9	13,5	13,2	12,8	12,4	11,8
Rerata	15,7	15,5	15,6	15,7	15,7	15,8	16,0	16,1	16,1
Minimum	13,0	14,1	14,2	13,9	13,5	13,2	12,8	12,4	11,8

Sumber : Suhardjono, 1994 : 46

Tabel 4.13. Besar Angka Koefisien Bulanan (c) untuk Rumus Penman

Bulan	C
Januari	1,10
Februari	1,10
Maret	1,10
April	0,90
Mei	0,90
Juni	0,90
Juli	0,90
Agustus	1,00
Sept.	1,10
Okt.	1,10
Nov.	1,10
Des.	1,10

Sumber : Lily Montarcih, 2009 : 32

Tabel 4.14. Tabel Data Rata-rata Unsur Cahaya

Tahun 2013	Temp			RH (%)	Matahari (%)	Arah Angin terbanyak	kecept rata-rata
	Rata2	Max	Min				
Jan	25.4	30.0	20.8	86	44.60	Barat Laut	8
Peb	28.3	31.6	25.0	86	53.53	Barat Laut	5
Mar	28.5	32.0	25.0	87	66.25	CALM	3
Apr	28.6	31.7	25.4	87	49.33	CALM	4
Mei	28.5	31.6	25.4	88	59.23	CALM	3
Jun	27.8	31.0	24.6	90	53.75	CALM	3
Jul	27.4	30.3	24.6	81	64.76	Tenggara	6
Ags	27.8	30.9	24.8	73	95.69	Tenggara	8
Sep	28.3	32.0	24.7	72	96.67	Tenggara	7
Okt	29.7	33.7	25.7	72	95.44	Timur	6
Nop	28.5	31.3	25.7	80	54.29	CALM	4
Des	28.1	31.3	25.0	86	46.9	CALM	4

Sumber : Data BMKG Sumenep

Berikut merupakan contoh perhitungan dalam menentukan nilai evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode Penman modifikasi (pada bulan Januari):

1. Temperatur = 25,4 °C
2. Kecepatan Angin (u) = 8 m/dt
3. Kelembaban Relatif (Rh) = 86%
4. Kecerahan Matahari (n/N) = 44,60 %
5. Nilai Angot (Ra) = 15,800 mm/hari
6. Tekanan Uap Jenuh (ea) = 32,450 mbar
7. Tekanan Uap Jenuh Nyata (ed) didapat dengan:

$$\begin{aligned}ed &= ea \times Rh \\ &= 32,45 \times 86\% \\ &= 27,907 \text{ mbar}\end{aligned}$$

8. Nilai w didapat dari Tabel 4.11 dengan  $t = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka  $w = 0,75$
9.  $1-w$  didapat dari  $1 - w = 1 - 0,749 = 0,251$
10. Nilai  $f(t)$  didapat dari Tabel 4.11 dengan  $t = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka  $f(t) = 15,750$

11. Radiasi Gelombang Pendek (Rs)

$$\begin{aligned}Rs &= (0,25 + (0,54 \times n/N)) \times Ra \\ &= (0,25 + (0,54 \times 44,6\%)) \times 15,8 \\ &= 4,055 \text{ mm/hari}\end{aligned}$$

12. Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap (ea-ed) :

$$\begin{aligned}ea - ed &= 32,450 - 27,907 \\ &= 4,543\end{aligned}$$

13.  $f(ed)$  diperoleh dari :

$$\begin{aligned}f(ed) &= 0,34 - 0,44 \times ed^{0,5} \\ &= 0,34 - 0,44 \times 27,907^{0,5} \\ &= 0,108 \text{ mbar}\end{aligned}$$

14. Nilai  $f(n/N)$  diperoleh dari :

$$\begin{aligned}f(n/N) &= 0,1 + 0,9 (n/N / 100) \\ &= 0,1 + 0,9 (44,6/100) \\ &= 0,501\end{aligned}$$

15.  $f(u)$  diperoleh dari :

$$\begin{aligned}f(u) &= 0,27 (1 + u \times 0,864) \\ &= 0,27 (1 + 8 \times 0,864) \\ &= 2,136 \text{ m/dt}\end{aligned}$$

16. Radiasi gelombang panjang ( $R_n$ )

$$\begin{aligned} R_n &= f(t) \times f(e_d) \times f(n/N) \\ &= 15,75 \times 0,108 \times 0,501 \\ &= 0,849 \end{aligned}$$

17.  $E_{to}^*$  =  $w \times (0,75 \times (R_s - R_n) + (1-w) \times f(u) \times (e_a - e_d))$

$$\begin{aligned} &= 0,749 \times (0,75 \times (4,055 - 0,849) + 0,251 \times 2,136 \times 4,543) \\ &= 4,237 \end{aligned}$$

18. Faktor koreksi ( $c$ ) untuk bulan Januari adalah 1,10

19. Evapotranspirasi potensial diperoleh dari

$$\begin{aligned} E_{to} &= c \times E_{to}^* \\ &= 1,10 \times 4,237 \\ &= 4,661 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan evapotranspirasi potensial metode Penman Modifikasi selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.15.



Tabel 4.15. Analisa Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi

No	Uraian	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Temperatur	°C	25.400	28.300	28.503	28.573	28.471	27.775	27.441	27.821	28.345	29.669	28.517	28.138
2	Kecepatan Angin (u)	m/dt	8.000	5.000	3.000	3.000	4.000	3.000	6.000	8.000	7.000	6.000	4.000	4.000
3	Kelembaban Relatif (Rh)	%	86.000	86.000	87.000	87.000	88.000	90.000	81.000	73.000	72.000	72.000	80.000	86.000
4	Kecerahan Matahari (n/N)	%	44.600	53.530	66.250	49.330	59.230	53.750	64.760	95.690	96.670	95.440	54.290	46.900
	Perhitungan													
5	Nilai Angot (Ra)	mm/hari	15.800	16.000	15.600	14.700	13.400	12.800	13.100	14.000	15.000	15.700	15.750	15.700
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	mbar	32.450	33.200	32.640	33.220	32.640	30.940	29.130	29.490	31.880	34.830	35.040	32.220
7	Tekanan Uap Nyata (ed = ea*Rh)		27.907	28.552	28.397	28.901	28.723	27.846	23.595	21.528	22.954	25.078	28.032	27.709
8	w		0.749	0.753	0.712	0.753	0.712	0.741	0.700	0.701	0.709	0.761	0.722	0.753
9	1-w		0.251	0.247	0.288	0.247	0.288	0.259	0.300	0.299	0.291	0.239	0.278	0.247
10	f(t)		15.750	15.850	16.040	15.850	15.775	15.550	15.300	15.350	15.675	16.020	16.040	15.850
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs)	mm/hari	4.055	4.875	5.831	4.166	4.536	3.965	4.831	7.484	8.080	8.341	4.867	4.226
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	mbar	4.543	4.648	4.243	4.319	3.917	3.094	5.535	7.962	8.926	9.752	7.008	4.511
13	f(ed)	mbar	0.108	0.105	0.106	0.103	0.104	0.108	0.126	0.136	0.129	0.120	0.107	0.108
14	f(n/N)		0.501	0.582	0.696	0.544	0.633	0.584	0.683	0.961	0.970	0.959	0.589	0.522
15	f(u)	m/dt	2.136	1.436	0.970	0.970	1.203	0.970	1.670	2.136	1.903	1.670	1.203	1.203
16	Radiasi Gelombang Panjang (Rn 1=f(t)*f(ed)*f(n/N))	mm/hari	0.849	0.967	1.179	0.892	1.040	0.979	1.319	2.004	1.964	1.838	1.011	0.897
17	Eto*= w*(0,75 Rs - Rn 1)+(1-w)*f(u)*(ea-ed)	mm/hari	4.237	3.856	3.670	2.883	3.224	2.437	4.616	7.967	8.195	7.603	4.432	3.221
18	Angka Koreksi (c)		1.100	1.100	1.100	0.900	0.900	0.900	0.900	1.000	1.100	1.100	1.100	1.000
19	Eto = Eto* x c	mm/hari	4.661	4.242	4.036	2.595	2.901	2.193	4.155	7.967	9.015	8.364	4.876	3.221

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan

- |                                       |                                    |                               |                                           |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Diketahui dari Data Klimatologi    | 6. Diketahui dari Tabel Keb.Air Ta | 11. $(0,25+(0,54*n/N(%))*Ra$  | 16. $f(t)*f(ed)*f(n/N)$                   |
| 2. Diketahui dari Data Klimatologi    | 7. ea*Rh                           | 12. ea-ed                     | 17. $w*(0,75*Rs-Rn 1)+(1-w)*f(u)*(ea-ed)$ |
| 3. Diketahui dari Data Klimatologi    | 8. Diketahui dari Tabel Keb.Air Ta | 13. $0,34-(0,044*((ed)^0,5))$ | 18. Diketahui dari Tabel 4.11             |
| 4. Diketahui dari Data Klimatologi    | 9. 1-w                             | 14. $0,1+((0,9*n/N(%))$       | 19. Eto* x c                              |
| 5. Diketahui dari Tabel Kebutuhan Air | 10. Diketahui dari Tabel 4.9       | 15. $0,27*(1+0,864*u)$        |                                           |

#### 4.6 Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air untuk tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk tanaman pada kondisi pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air dengan netto kebutuhan air di sawah (*Netto Farm Requirement, NFR*), nilai netto kebutuhan air di sawah dilakukan dengan pendekatan agroklimatologi berdasarkan jenis dan tahap pertumbuhan tanaman, karakteristik tanah, dan klimatologi. Kebutuhan air tanaman ditinjau berdasarkan neraca air tergantung dari parameter berikut:

- Perkolasi
- Penyiapan lahan
- Penggunaan konsumtif tanaman
- Pergantian lapisan air
- Curah hujan efektif

##### 4.6.1 Koefisien Tanaman

Besarnya koefisien tanaman ( $k$ ) untuk setiap tanaman berbeda-beda yang besarnya berubah setiap periode pertumbuhan tanaman itu sendiri. Dalam studi ini koefisien yang digunakan disesuaikan dari NEDECO Prosida Study.

Tabel 4.16. Koefisien Tanaman

Padi (Varietas Unggul)		Palawija	
Umur(hari)	k	Umur(hari)	k
10	1,1	10	0,5
20	1,1	20	0,65
30	1,1	30	0,75
40	1,05	40	1
50	1,05	50	1
60	1,05	60	1
70	0,95	70	0,82
80	0,95	80	0,72
90	0	90	0,45

Sumber: Anonim KP-01, 1986:164

#### 4.6.2 Perkolasi

Perkolasi terjadi pada saat lahan ditanami padi. Lahan digenangi air terus-menerus sehingga kondisi tanah menjadi jenuh. Pada kondisi tanah jenuh, pergerakan air dalam lapisan tanah menuju arah vertikal dan horisontal. Pergerakan air arah vertikal disebut perkolasi dan arah horisontal disebut rembesan. Rembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah.

Pada daerah studi yaitu Daerah Irigasi desa Gadding mempunyai jenis tanah alluvial nilai perkolasi sebesar 2 mm/hari.

#### 4.6.3 Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan adalah pengolahan tanah pada tahap persiapan tanah untuk keperluan tanaman agar sesuai dengan pertumbuhannya. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air untuk perencanaan pemberian air irigasi.

Faktor-faktor yang penting dalam menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

- Lamanya waktu penyiapan lahan
- Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan

Dalam perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Ziljstra (1986) metode ini didasarkan pada laju air konstan dalam  $l/dt$  selama metode peyiapan lahan.

Contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada bulan Januari adalah sebagai berikut:

1. Eto = 4,661 mm/hari
2. Eo = 1,1 x Eto  
= 1,1 x 4,661  
= 5,127 mm/hari
3. P = 2 mm.hari
4. M = Eo + P  
= 5,127 + 2  
= 7,127 mm/hari
5. T = 30 hari
6. S = 250 mm/hari

7.  $k = (M \times T) / S$   
 $= (7,127 \times 30) / 250$   
 $= 0,855 \text{ mm/hari}$
8.  $IR = M \times (e^k) / (e^k - 1)$   
 $= 7,127 \times (2,71828^{0,855}) / (2,71828^{0,855} - 1)$   
 $= 12,398 \text{ mm/hari}$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.17. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan Tanaman Padi

Bulan	Eto (mm/hr)	Eo (mm/hr)	P (mm/hr)	M (mm/hr)	k (mm/hr)	IR (mm/hr)
Januari	4.661	5.127	2.000	7.127	0.855	12.398
Februari	4.242	4.666	2.000	6.666	0.800	12.106
Maret	4.036	4.440	2.000	6.440	0.773	11.964
April	2.595	2.855	2.000	4.855	0.583	10.995
Mei	2.901	3.191	2.000	5.191	0.623	11.197
Juni	2.193	2.413	2.000	4.413	0.530	10.733
Juli	4.155	4.570	2.000	6.570	0.788	12.046
Agustus	7.967	8.763	2.000	10.763	1.292	14.843
September	9.015	9.916	2.000	11.916	1.430	15.665
Oktober	8.364	9.200	2.000	11.200	1.344	15.152
November	4.876	5.363	2.000	7.363	0.884	12.550
Desember	3.221	3.543	2.000	5.543	0.665	11.410

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.6.4 Kebutuhan Air untuk Penggunaan Konsumtif

Kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air, memiliki kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat pertumbuhan yang baik.

Kebutuhan air untuk tanaman tergantung dari besarnya evapotranspirasi dikalikan dengan faktor keefisien tanaman. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman padi pada bulan November periode I adalah sebagai berikut:

$$\text{Rerata Kc} = 1,100$$

$$\text{Eto} = 4,876 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Etc} = \text{kc} \times \text{Eto}$$

$$= 1,100 \times 4,876$$

$$= 5,363 \text{ mm/hari}$$

#### 4.6.5 Pergantian Lapisan Air

Penggenangan air irigasi dapat dilakukan secara terus menerus dengan ketinggian yang sama sepanjang pertumbuhan tanaman. Keadaan ini dapat dilakukan apabila jumlah air yang tersedia dalam kondisi cukup. Tinggi genangan yang paling baik adalah kurang dari atau sama dengan 5cm, karena akan diperoleh produksi yang tinggi dan penggunaan air lebih efisien. Penggantian lapisan air hanya diperlukan untuk tanaman padi, sedangkan pada tanaman palawija dan tebu, proses ini tidak diperlukan.

Penggantian lapisan air dilakukan satu kali, yaitu pada saat tanaman berumur 20-30 hari setelah pemindahan tanaman. Tinggi lapisan ini direncanakan adalah 50 mm selama 30 hari. Perhitungan penggantian lapisan air adalah sebagai berikut:

$$\text{WLR} = 50 / 30$$

$$= 1,67 \text{ mm/hari}$$

#### 4.6.6 Kebutuhan Bersih di Sawah

Contoh perhitungan kebutuhan air bersih di sawah (NFR) pada bulan November periode I untuk tanaman padi adalah sebagai berikut:

$$\text{PL} = 3,138$$

$$\text{Et rasio luas} = 5,363 \text{ mm/hari} * \text{Rasio Luas} = 5,363 * 0,250 = 1,341 \text{ mm/hari}$$

$$\text{WLR rasio luas} = 1,667 * 0,167 = 0,278 \text{ mm/hari}$$

$$\text{P rasio luas} = 2 \text{ mm/hari} * \text{Rasio Luas} = 2 * 0,250 = 0,500 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Re padi} = 4,978 \text{ mm/hari}$$

$$\text{NFR padi} = \text{PL} + \text{Etc} + \text{WLR} + \text{P}$$

$$= 3,138 + 1,341 + 0 + 0,500$$

$$= 4,978 \text{ mm}$$

$$\text{NFR padi total} = \text{NFR padi} - \text{Re padi} \times (10000 / (24 \times 60 \times 60))$$

$$= 4,978 - 1,353 (10000 / (24 \times 60 \times 60))$$

$$= 0,420 \text{ lt/dt/ha}$$

Contoh perhitungan kebutuhan air bersih di sawah (NFR) pada bulan Maret periode III untuk tanaman palawija adalah sebagai berikut:

$$\text{Et} = 1,521 \text{ mm/hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Re pol} &= 3,817 \text{ mm/hari} \\
 \text{NFR pol} &= E_t - \text{Re pol} \times (10000/(24 \times 60 \times 60)) \\
 &= 1,521 - 3,021 \times (10000/(24 \times 60 \times 60)) \\
 &= 0,242 \text{ lt/dt/ha}
 \end{aligned}$$



#### 4.7 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan kebutuhan bersih air di lahan sawah seluas layanan petak yang akan dilayani. Perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode PU dan perhitungan selengkapnya akan disajikan pada tabel 4.18.



Tabel 4.18. Perhitungan Kebutuhan Air di Sawah Metode PU



#### 4.8 Analisis Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan untuk memeriksa apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan di daerah yang bersangkutan. Serta digunakan untuk merencanakan besarnya kapasitas tampungan efektif dari embung. Analisis neraca air dalam perencanaan embung kali ini di hitung dengan menggunakan metode simulasi waduk. Simulasi dilakukan selama satu tahun, sedangkan untuk tahun-tahun selanjutnya pola simulasinya disamakan.

Beberapa pendekatan simulasi waduk dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Inflow adalah volume total yang mengisi embung (dari perhitungan Nreca).
2. Awal pengoperasian pada bulan Mei, sesuai dengan dengan awal musim kemarau dimana air dari embung dipakai.
3. Tampungan pada awal pengoperasian didapatkan dari data yang sudah ada.
4. Volume tampungan awal sama dengan volume tampungan akhir waduk pada bulan sebelumnya.

Sedangkan volume keluar / *outflow* ditentukan dan dihitung sebagai berikut:

##### 4.8.1 Kebutuhan Air Baku

Seperti telah diketahui, kebutuhan air baku untuk daerah desa gadding adalah sebesar  $278 \text{ m}^3$  /hari.

##### 4.8.2 Kebutuhan Air Irigasi

Untuk kebutuhan air irigasi didapatkan dari perhitungan pola tata tanam per bulan.

Contoh perhitungan neraca air untuk Bulan Mei:

Kapasitas tampungan efektif	= $74000 \text{ m}^3$
S awal Bulan Mei	= $74000 \text{ m}^3$
Volume masuk / inflow	= $0,048 \text{ m}^3$
Kebutuhan Air Penduduk	= Jumlah hari x Jumlah Air Baku
	= $31 \times 278 \text{ m}^3$ /hari
	= $8618 \text{ m}^3$ / bulan

Kebutuhan Air Irigasi = Jumlah Keb.Air Irigasi bulan Mei  
pada pola tata tanam

$$= 13712,38 + 17694,75 + 36600,44 \text{ m}^3$$

$$= 68007,58 \text{ m}^3$$

Volume keluar / outflow = Kebutuhan air + Kehilangan karena  
evaporasi + infiltrasi

$$= 8618 + 68007$$

$$= 76625,58 \text{ m}^3$$

S awal + Inflow - Outflow =  $74000 + 0,048 - 76625,58$

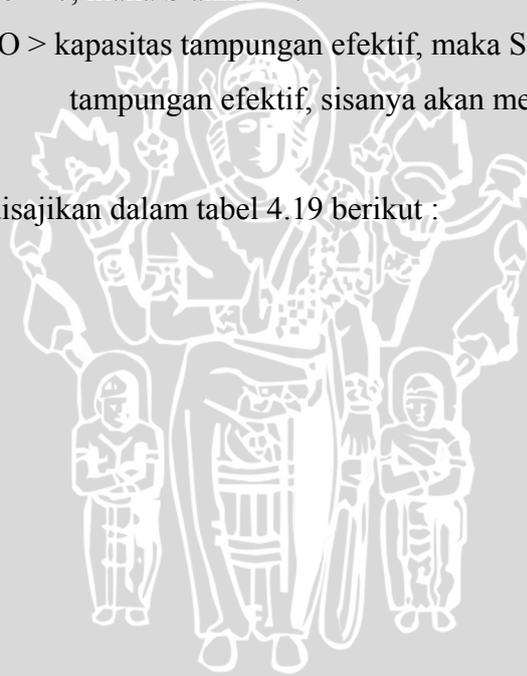
$$= 126181,73 \text{ m}^3$$

S akhir =  $74000 \text{ m}^3$

Jika  $S \text{ awal} + I - O < 0$ , maka  $S \text{ akhir} = 0$

Jika  $S \text{ awal} + I - O > \text{kapasitas tampungan efektif}$ , maka  $S \text{ akhir} =$   
tampungan efektif, sisanya akan melimpas.

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 4.19 berikut :



Tabel 4.19. Analisis Neraca Air dengan Simulasi Waduk

Bulan	Jumlah Hari	S awal (m <sup>3</sup> )	Volume Masuk / Inflow (m <sup>3</sup> )	Volume Masuk / Inflow (m <sup>3</sup> )/bulan	Kebutuhan Air Pendukung		Kebutuhan Air Irigasi (m <sup>3</sup> )	Volume Keluar / Outflow (m <sup>3</sup> )	S awal + I - O (m <sup>3</sup> )	S akhir (m <sup>3</sup> )	Limasan (m <sup>3</sup> )
					Kebutuhan (m <sup>3</sup> )	Kebutuhan (m <sup>3</sup> )					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mei	31	74,000.00	0.048	128,807	278.00	8,618.00	68,007.58	76,625.58	126,181.73	74,000.00	52,181.73
Juni	30	74,000.00	0.045	115,681	278.00	8,340.00	59,483.57	67,823.57	121,857.85	74,000.00	47,857.85
Juli	31	74,000.00	0.039	104,113	278.00	8,618.00	14,605.66	23,223.66	154,889.62	74,000.00	80,889.62
Agustus	31	74,000.00	0.035	93,702	278.00	8,618.00	84,547.64	93,165.64	74,536.31	74,000.00	536.31
September	30	74,000.00	0.033	84,332	278.00	8,340.00	87,102.87	95,442.87	62,888.89	62,888.89	
Oktober	31	62,888.89	0.028	75,899	278.00	8,618.00	101,827.95	110,445.95	28,341.51	28,341.51	
November	30	28,341.51	0.026	68,309	278.00	8,340.00	84,207.00	92,547.00	4,103.23	4,103.23	
Desember	31	4,103.23	0.023	62,363	278.00	8,618.00	46,188.78	54,806.78	11,659.41	11,659.41	
Januari	31	11,659.41	0.072	192,307	278.00	8,618.00	43,511.69	52,129.69	151,837.02	74,000.00	77,837.02
Februari	28	74,000.00	0.072	173,439	278.00	7,784.00	16,799.70	24,583.70	222,855.37	74,000.00	148,855.37
Maret	31	74,000.00	0.059	156,876	278.00	8,618.00	24,011.10	32,629.10	198,246.56	74,000.00	124,246.56
April	30	74,000.00	0.055	142,948	278.00	8,340.00	61,149.29	69,489.29	147,458.90	74,000.00	73,458.90
Σ				1,398,776		101,470.00	691,442.84	792,912.8398			
sumber: perhitungan											
1 = diketahui											
2 = S akhir bulan sebelumnya											
3 = hasil perhitungan Neraca											
4 = (1) x (3) x 24 x 60 x 60											
5 = diketahui perhitungan kebutuhan air baku											
6 = (1) x (5)											
7 = perhitungan kebutuhan air irigasi PTT / bulan											
8 = (7) x (8)											
9 = (2) + (4) - (8)											
10 = jika (9) < 74000 ,maka = (9)											
= jika (9) >= 74000 ,maka = 74000											
11 = jika (10) <= 74000 ,maka = 0											
= jika (10) > 74000 ,maka = (9) - (10)											

#### 4.9 Biaya Proyek

Biaya pembangunan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu Biaya Modal ( Capital cost ) dan Biaya Tahunan ( annual cost ).

##### 4.9.1 Biaya Modal ( *Capital Cost* )

Terdiri dari dua macam biaya yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

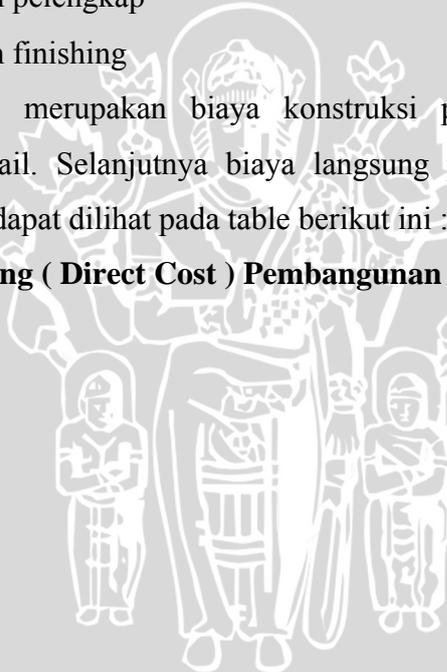
##### 1. Biaya Langsung ( Capital Cost )

Biaya ini merupakan biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Untuk pembangunan embung Gadding biaya langsung yang diperlukan terdiri dari :

- Biaya pekerjaan persiapan
- Biaya pekerjaan utama
- Biaya pekerjaan pelengkap
- Biaya pekerjaan finishing

Biaya-biaya diatas merupakan biaya konstruksi pembangunan Embung Gadding yang secara detail. Selanjutnya biaya langsung pembangunan Embung Gadding pada tahun 2011 dapat dilihat pada table berikut ini :

**Tabel 4.20 Biaya Langsung ( Direct Cost ) Pembangunan Embung Gadding Tahun 2011**



## 2. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung merupakan prosentase dari biaya langsung, besarnya prosentase ini tergantung dari pertimbangan owner dan perencanaan (Kodoatie, 2005:73), pada pembangunan Embung Gadding biaya tak langsung terdiri dari :

- **Biaya Engineering**  
Biaya teknik adalah biaya untuk perencanaan dan biaya pengawasan selama waktu pelaksanaan konstruksi. Biaya ini merupakan suatu angka prosentase dari biaya konstruksiyaitu sebesar 7%.
- **Biaya Administrasi**  
Biaya adminitrasi adalah biaya yang diperlukan untuk kepentingan admintrasi proyek. Biaya ini merupakan suatu angka prosentasi dari biaya konstruksi yaitu sebesar 5%.
- **Biaya Tak Terduga**  
Biaya tak terduga adalah biaya yang diperuntukan jika ada hal yang tidak terduga atau hal yang tidak pasti. Biaya ini merupakan suatu angka prosentasi dari biaya konstruksi dan engineering sebesar 5%.
- **Tingkat Inflasi**  
Dari periode waktu dari ide sampai pelaksanaan fisik, bunga berpengaruh terhadap biaya kostruksi sehingga harus diperhitungkan. Oleh karena itu diberikan tingkat inflasi sebesar 8% dari biaya konstruksi.

Biaya modal untuk seluruh proyek pembangunan Embung Gadding adalah sebagai berikut :

- |                       |                                                                         |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| a. Biaya konstruksi   | = Rp. 2.186.641.195,00                                                  |
| b. Biaya engineering  | = 7% x Rp. 2.186.641.195,00<br>= Rp. 153.064.883,00                     |
| c. Biaya administrasi | = 5% x Rp. 2.186.641.195,00<br>= Rp. 109.332.059,00                     |
| d. Biaya tak terduga  | = 5% x (Rp.2.186.641.195,00+ Rp.109.332.059,00)<br>= Rp. 114.789.662,00 |
| e. Inflasi            | = 8% x Rp. 2.186.641.195,00<br>= Rp. 174.931.295,00                     |
| f. Total Biaya        | = Rp. 2.738.759.094                                                     |

Tabel 4.21 Perhitungan Biaya Modal ( Capital Cost ) Embung Gadding Tahun 2011.

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya ( Rp )
1	Biaya Konstruksi	2,186,641,195
2	Biaya Engineering	153,064,883
3	Biaya Administrasi	109,332,059
4	Biaya Tak Terduga	114,789,662
5	Inflasi	174,931,295
Jumlah		2,738,759,094

#### 4.9.2 Biaya Tahunan ( Annual Cost )

Agar dapat memenuhi umur proyek sesuai yang direncanakan pada detail desain, maka diperlukan biaya, biaya ini disebut biaya tahunan. Pada pembangunan Embung Gadding ini biaya tahunan merupakan biaya operasi dan pemeliharaan. Berdasarkan biaya modal ( Suyanto,dkk,2001:47).

Contoh Perhitungan biaya tahunan adalah sebagai berikut :

##### 1. Biaya Operasi

- Tenaga Ahli = 12 x Rp. 2.000.000,00  
= Rp. 24.000.000,00
- Tenaga Administrasi = 12 x Rp. 1.000.000,00  
= Rp. 12.000.000,00

##### 2. Biaya Pemeliharaan

$$= 2\% \times \text{Biaya Modal}$$

$$= 2\% \times \text{Rp. } 2.738.759.094$$

$$= \text{Rp. } 54.775.182,00$$

##### 3. Total Biaya O & P Tahunan adalah

$$= \text{Rp. } 24.000.000,00 +$$

$$\text{Rp. } 12.000.000,00 +$$

$$\text{Rp. } 54.775.182,00$$

$$= \text{Rp. } 90.775.182,00$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan disajikan dalam table berikut ini :

Tabel 4.22 Perhitungan Biaya Tahunan ( Annual Cost ) embung Gadding Tahun 2011

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
1	Biaya Operasi				
	Tenaga Ahli ( 1 Orang )	Bulan	12	2,000,000	24,000,000
	Tenaga Administrasi	Bulan	12	1,000,000	12,000,000
	Total Biaya Operasi				36,000,000
2	Biaya Pemeliharaan	%	0.02	2,738,759,094	54,775,182
	Total Biaya O & P Tahunan				90,775,182

Sumber : Perhtungan

Keterangan :

1. Harga : Volume x Harga Satuan
2. Biaya Pemeliharaan : 2% x Harga Satuan ( biaya modal)
3. Total Biaya O & P Tahunan : Total Biaya Operasi + Total Biaya Pemeliharaan

#### 4.10 Manfaat ( *Benefit* )

Manfaat suatu proyek terdiri dari manfaat langsung ( *direct benefit* ) dan manfaat tidak langsung ( *indirect benefit* ), disamping itu dikenal pula manfaat yang tidak dapat diukur dengan uang ( *intangible benefit* ) dan manfaat yang dapat diukur dengan uang ( *tangible benefit* ). Manfaat dari proyek terdiri dari : Manfaat Langsung ( *Direct Benefit* ), Manfaat Tak Langsung ( *Indirect Benefit* ), Manfaat Nyata ( *Tangible Benefit* ), dan Manfaat Tidak Nyata ( *Intangible Benefit* ). ( Suyanto dkk, 2001:65):

##### 4.10.1 Manfaat Langsung ( *Direct Benefit* )

Manfaat langsung adalah manfaat yang langsung dapat diperoleh dari suatu proyek yang sudah selesai dilaksanakan. Pada proyek pembangunan Embung Gadding ini manfaat langsung yang dapat dirasakan masyarakat adalah sebagai pemenuhan kebutuhan air baku dan irigasi.

##### 4.10.2 Manfaat Tak Langsung ( *Indirect Benefit* )

Manfaat tidak langsung adalah manfaat yang akan dinikmati secara berangsur-angsur dan dalam jangka waktu yang panjang. Manfaat tidak langsung ( *Indirect Benefit* ) pada pembangunan Embung Gadding yaitu berupa :

- Peningkatan pemenuhan kebutuhan air bersih bagi warga di desa Gadding yang sebelumnya mengalami kesulitan

- Akses jalan yang semakin mudah karena dalam proyek embung ini juga terdapat pembangunan jalan sehingga memperlancar transportasi masyarakat.

#### 4.10.3 Manfaat Nyata ( *Tangible Benefit* )

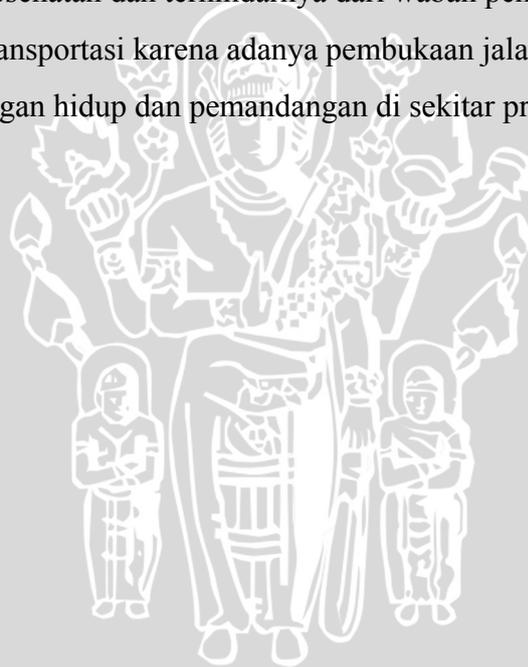
Manfaat nyata ( *Tangible Benefit* ) adalah manfaat nyata yang dapat diukur dalam bentuk suatu nilai uang.

- Peningkatan pendapatan pemerintah dari penyediaan air.
- Peningkatan pendapatan masyarakat sekitar dari penambahan produksi pertanian.

#### 4.10.4 Manfaat Tidak Nyata ( *Intangible Benefit* )

Manfaat tidak nyata ( *Intangible Benefit* ) adalah merupakan manfaat proyek yang tidak dapat selalu dinilai dengan uang, seperti :

- Perbaikan mutu kesehatan dan terhindarnya dari wabah penyakit.
- Lancarnya jalur transportasi karena adanya pembukaan jalan pada proyek.
- Perbaikan lingkungan hidup dan pemandangan di sekitar proyek.



## 4.11 Analisa Ekonomi

### 4.11.1 Benefit Cost Ratio ( B / C )

Dalam perhitungan Benefit Cost Ratio ini masing-masing komponen manfaat dan biaya dijadikan nilai sekarang ( present value ). Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan. Tingkat suku bunga yang dipakai dalam kajian ini adalah 8% ( Indonesia, Bank 2013). Dan usia guna embung Gadding adalah 25 tahun. Adapun contoh perhitungan BCR untuk embung Gadding adalah sebagai berikut :

- Komponen biaya ( cost )
 

Total biaya Konstruksi ( Tahun 1 s/d 2 )	: Rp. 2.738.759.094
Faktor Konversi ( F/P, 8,2 )	: 1,164
Nilai sekarang biaya konstruksi	: Rp. 3.194.488.607
- Total O & P ( Tahun ke 1 s/d 25 )
 

Total O & P ( Tahun ke 1 s/d 25 )	: Rp. 90.775.182
Faktor Konversi ( P/A, 8, 25 )	: 10,6748
Nilai sekarang biaya konstruksi	: Rp. 969.006.912
Total biaya sekarang	: Rp. 3.194.488.607+
	Rp. 969.006.912
	= Rp. 4.163.495.519
- Komponen Manfaat ( Benefit )
 

Total manfaat irigasi ( 1 s/d 25 )	= Rp. 903.405.000
Faktor Konversi ( P/A, 8 , 25 )	= 10.6748
Nilai sekarang biaya konstruksi	= Rp. 9.643.667.694

Sehingga :

$$BCR = \left( \frac{PV \text{ darimanfaat}}{PV \text{ dari biaya}} \right)$$

$$BCR = \left( \frac{Rp. 9.643.667.694}{4.163.495.519} \right) = 2,31 > 1$$

Karena B/C Embung Gadding ini > 1 maka dapat dikatakan bahwa proyek ini layak secara ekonomi, atau lebih tepatnya proyek ini melebihi nilai impas. Perhitungan selengkapnya disajikan pada table.

#### 4.11.2 Net Present Value ( NPV atau B-C )

Metode kedua dalam evaluasi ekonomi ini adalah analisa ekonomi dengan menggunakan selisih *benefit* dan *cost* ( B-C ). Dalam evaluasi proyek ini nilai pada NPV pada tingkat suku bunga yang berlaku harus mempunyai harga  $> 0$ . Jika nilai NPV = 0 maka proyek tersebut mempunyai manfaat yang senilai dengan biaya investasinya. Jika NPV  $< 0$  maka proyek tersebut dari segi ekonomi tidak layak dibangun.

Contoh perhitungan NPV proyek rencana untuk tingkat suku bunga 8% adalah sebagai berikut :

Nilai sekarang total manfaat ( B ) = 9.643.667.694

Nilai sekarang total biaya ( C ) = 4.163.495.519

B-C = Rp. 5.480.172.175

Perhitungan NPV pada tabel 4.39 selengkapnya untuk perhitungan NPV pada berbagai suku bunga disajikan pada tabel 4.39 berikut :

Tabel 4.39 Net Present Value Proyek pada berbagai tingkat suku bunga :

Suku Bunga %	PV Benefit Rp	PV Cost Rp	B-C Rp
6	11,548,226,115	4,238,744,372	7,309,481,743
7	10,527,920,508	4,193,462,946	6,334,457,562
8	9,643,667,694	4,163,495,519	5,480,172,175
9	8,873,785,953	4,145,567,981	4,728,217,972
10	8,200,207,185	4,137,864,830	4,062,342,355
12	7,085,495,756	4,147,458,237	2,938,037,519
15	5,839,700,261	4,208,788,755	1,630,911,505
16	4,938,824,795	4,309,707,004	629,117,790
20	4,469,686,578	4,392,932,385	76,754,193
22	4,077,879,830	4,486,119,129	-408,239,299
25	3,599,978,585	4,641,041,107	-1,041,062,522
30	3,007,073,883	4,930,657,139	-1,923,583,256

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa proyek Embung Gadding Kabupaten Sumenep layak .

#### 4.11.3 Internal Rate of Return (IRR)

*Internal Rate of Return* (Tingkat pengembalian internal) didefinisikan sebagai tingkat suku bunga yang membuat manfaat dan biaya mempunyai nilai yang sama atau  $B-C = 0$  atau tingkat suku bunga yang membuat  $B/C = 1$ . Perhitungan IRR untuk proyek rehabilitasi embung Gadding ini sebagai berikut :

$$IRR = I' + \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (I'' - I')$$

Dimana :  $I'$  = Suku bunga memberikan nilai NPV positif = 20%

$I''$  = Suku bunga memberikan nilai NPV negative = 22%

$NPV'$  = NPV Positif = Rp. 76.754.193

$NPV''$  = NPV Negative = Rp. -408.239.299

Sehingga,

$$IRR = I' + \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (I'' - I')$$

$$IRR = 20\% + \frac{76.754.193}{76.754.193 - (-408.239.299)} (22\% - 20\%)$$

$$= 20\% + 0,31\%$$

$$= 20,31\%$$

Dari perhitungan tingkat pengembalian internal diatas dapat disimpulkan bahwa proyek Embung Gadding ini layak secara ekonomi. Hal ini disebabkan karena nilai IRR proyek rehabilitasi embung Gadding ini lebih tinggi dari pada nilai yang dipakai dalam evaluasi kajian ini sebesar 8%.

#### 4.11.4 Analisa Periode Pengembalian ( Payback Period )

Dalam ( Giatman, 2006:85) analisis Payback Period pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi pulang pokok (break event-point) merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk membayar kembali (mengembalikan). Jika komponen cash flow benefit dan cost-nya bersifat annual, maka formulanya menjadi :

$$k_{(PBP)} = \frac{\text{investasi}}{\text{AnnualBenefit}} \times \text{periode waktu}$$

Dimana :

$k_{(PBP)}$  = Periode pengembalian

Investasi = Biaya modal yang diperlukan untuk pembangunan sebuah proyek

Annual Benefit = Keuntungan yang diperoleh dalam suatu proyek / tahun.

Perhitungan Payback Period :

Investasi = Rp. 2.738.759.094

Biaya O & P = Rp. 90.775.182

Benefit / Tahun = Rp. 903.405.000

$$k_{(PBP)} = \frac{2.738.759.094}{903.405.000 - 90.775.182} \times \text{tahun}$$

$$= 3,37 \text{ Tahun}$$

#### 4.11.5 Analisa Sensitivitas

Analisis sensitivitas dimaksudkan untuk mengetahui apa yang terjadi dengan hasil proyek apabila terjadi kemungkinan perubahan dalam penentuan nilai-nilai untuk biaya dan manfaat masih merupakan suatu estimasi (perkiraan) sehingga bila terjadi asumsi-asumsi yang tidak sama dengan keadaan sebenarnya.

Dalam analisis ini dilakukan perhitungan terhadap :

- Komponen biaya ( *cost* ) naik 10%, manfaat ( *benefit* ) tetap.
- Komponen biaya ( *cost* ) turun 10%, manfaat ( *benefit* ) tetap.
- Komponen biaya ( *cost* ) tetap, manfaat ( *benefit* ) naik 10%
- Komponen biaya ( *cost* ) tetap, manfaat ( *benefit* ) turun 10%
- Komponen biaya ( *cost* ) naik 10%, manfaat ( *benefit* ) naik 10 %
- Komponen biaya ( *cost* ) naik 10%, manfaat ( *benefit* ) turun 10%

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada table berikut :

#### 4.11.6 Penetapan Harga Air

Pada kajian ini penetapan harga air berdasarkan kondisi paling kritis yaitu pada saat manfaat turun 10% sedangkan biaya naik 10%, sehingga harga air berdasarkan kondisi yang paling minimum yang dapat dikenakan pada konsumen agar proyek rehabilitasi embung Gadding benar-benar layak. Pada kondisi manfaat turun 10% dan biaya naik 10% ,maka harga air dihitung sebagai berikut :

- $B/C = 1$  = Rp. 4.705.633.653( *Interpolasi* )
- IRR = 0,157
- Bunga Bank = 8%
- Kebutuhan Air Irigasi = 691.442 m<sup>3</sup> ( *Dari PTT,*  
*Total Kebutuhan Air Irigasi* )
- Kebutuhan Air Baku = 278 x 365  
= 101.471 m<sup>3</sup>/tahun
- Kebutuhan Air Total = 691.442 + 101.471 m<sup>3</sup>/tahun  
= 801.913 m<sup>3</sup>/tahun
- Manfaat Irigasi = Harga Air x Keb.Air Total x  
( P/A 8,28) x ( P/F,8,2)

$$\text{Harga Air} = \frac{\text{TotalAlokasiAir}}{\text{KebutuhanAirTotal} \times (P / A, 8, 26) \times (P / F, 8, 2)}$$

$$\text{Harga Air} = \frac{4.705.633.653}{801.913 \times 10.6748 \times 1.1664}$$

$$= \text{Rp. } 471 / \text{m}^3$$

Untuk perhitungan harga air pada berbagai keadaan dapat dilihat dari table berikut :

No	Kondisi	Biaya pada saat B/C = 1	Harga Air ( m <sup>3</sup> /tahun )
1	Biaya naik 10%, Manfaat tetap	4,773,432,080	478.08
2	Biaya turun 10%, Manfaat tetap	4,039,305,141	404.55
3	Biaya Tetap, Manfaat naik 10%	4,486,040,560	449.29
4	Biaya tetap, Manfaat turun 10%	4,332,287,659	433.89
5	Biaya naik 10%, Manfaat turun 10%	4,705,633,653	471.28
6	Biaya turun 10%, Manfaat naik 10%	4,132,489,653	413.88

