

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Evaluasi Kondisi Eksisting Jaringan Distribusi Air Bersih**

Jumlah total penduduk eksisting PDAM Kabupaten Sumenep pada tahun 2016 yaitu 40.068 jiwa dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4.1

Jumlah Penduduk Eksisitng tahun 2016

No	Desa	Jumlah Penduduk Eksisitng	
		(2016)	(jiwa)
1	Pajagalan	3595	
2	Pabian	5267	
3	Marengan Daya	2005	
4	Marengan Laok	4354	
5	Kertasada	3192	
6	Kalianget Barat	9597	
7	Kalianget Timur	12058	
	Total	40.068	

Sumber: BPS Kabupaten Sumenep,2016

Dari data penduduk eksisting diatas dapat diketahui jumlah sambungan rumahnya yaitu 8.014 SR. Namun prosentase penduduk eksisting yang terlayani sebesar 29% dari jumlah penduduk secara keseluruhan. Dibawah ini merupakan rincian dari jumlah SR setiap desa yang dilayani oleh Sumber Mata Air Taman Lake’:

Tabel 4.2

Jumlah Pelanggan Sumber Taman Lake’ Tahun 2016

No	Desa	Jumlah Pelanggan Tahun 2016 (SR)
1	Pajagalan	196
2	Pabian	392
3	Marengan Daya	307
4	Marengan Laok	319
5	Kertasada	570
6	Kalianget Barat	166
7	Kalianget Timur	380
	Total	2.330

Sumber: PDAM Kabupaten Sumenep,2016

Dari tabel diatas jumlah pelanggan Sumber Taman Lake’ Tahun 2016 dapat diketahui jumlah total pelanggan secara keseluruhan yaitu 2.330 SR.

Debit yang terdapat pada Sumber Taman Lake' sebesar 90 liter/detik. Debit 90 liter/detik dapat mensuplai orang sebanyak 129.600 jiwa atau 25.920 SR. Namun debit eksisting yang terpakai sebesar 62 liter/detik. Debit 62 liter/detik diperoleh dari 3 pompa eksisting yang bekerja selama  $\leq 20$  jam. Di bawah ini merupakan perhitungan untuk mengetahui banyaknya orang yang dapat tersuplai dengan debit sebesar 62 liter/detik :

Diketahui: kebutuhan air bersih untuk 1 orang = 60 liter/hari/orang

$$\begin{aligned} \text{debit yang terpakai} &= 62 \text{ liter/detik} \\ &= 5.356.800 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah orang yang tersuplai} &= 5.356.800 \text{ liter/hari} : 60 \text{ liter/hari/orang} \\ &= 89.280 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas bahwa debit 62 liter/detik dapat mensuplai sebesar 89.280 jiwa atau 17.856 SR.

Untuk mengetahui jumlah kebutuhan air bersih eksisting pada setiap desa maka dapat dilihat pada contoh perhitungan kebutuhan air bersih eksisting daerah Pajagalan di bawah ini:

1. Jumlah Pelanggan (SR) pada tahun 2016 yaitu 196 SR

2. Jumlah jiwa dalam satu rumah 5 orang

3. Kebutuhan air bersih untuk 1 orang per hari 60 liter/hari/orang

4. Kebutuhan air bersih domestik

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah SR} \times \text{jumlah jiwa dalam satu rumah} \times \text{kebutuhan air untuk 1 orang per hari} \\ &= 196 \times 5 \times 60 \text{ lt/orang/hari} \\ &= 58.800 \text{ lt/hari} \\ &= 0,681 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

5. Kebutuhan air bersih non domestik

$$\begin{aligned} &= 15\% \times \text{kebutuhan air bersih domestik} \\ &= 15\% \times 0,681 \text{ lt/dt} \\ &= 0,102 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

6. Total kebutuhan air bersih

$$\begin{aligned} &= \text{Total kebutuhan air (kebutuhan air bersih domestik + kebutuhan air non domestik)} \\ &= 0,681 \text{ lt/dt} + 0,102 \text{ lt/dt} \\ &= 0,783 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

7. Kehilangan air 30%

$$\begin{aligned}
 &= 30\% \times \text{total kebutuhan air bersih} \\
 &= 30\% \times 0,783 \text{ lt/dt} \\
 &= 0,235 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

8. Kebutuhan air rata-rata

$$\begin{aligned}
 &= \text{total kebutuhan air bersih} + \text{kehilangan air (30\%)} \\
 &= 0,783 \times 0,67 \\
 &= 1,02 \text{ lt/dt} \\
 &= (1,02/1000) \times 3600 \times 24 = 87,91 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 87,91 \times 30 = 2637,18 \text{ m}^3/\text{bulan} \\
 &= (2637,18 / 1000000) \times 12 = 0,0316 \text{juta m}^3/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

9. Kebutuhan air bersih maksimum

$$\begin{aligned}
 &= 1,15 \times \text{kebutuhan air bersih rata-rata} \\
 &= 1,15 \times 1,02 \\
 &= 1,17 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

10. Kebutuhan air pada jam puncak

$$\begin{aligned}
 &= 1,56 \times \text{kebutuhan air bersih rata-rata} \\
 &= 1,56 \times 1,02 \\
 &= 1,59 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kebutuhan air bersih eksisiting pada setiap desa dapat di lihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3

Kebutuhan air bersih eksisiting daerah Kecamatan Kota Sumenep (2016)

No	Uraian	Satuan	Tahun(2016)		
			Pajagalan	Pabian	Marengan Daya
1	Jumlah SR	Unit Rumah	196	392	307
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
4	Kebutuhan air domestik	lt/hari	58800	117600	92100
		lt/detik	0,681	1,361	1,066
5	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,102	0,204	0,160
6	Total Kebutuhan air	lt/detik	0,78	1,57	1,23
7	Kehilangan air (30%)	lt/detik	0,235	0,470	0,368
8	Kebutuhan air bersih rata-rata (dengan kebocoran 30%)	m <sup>3</sup> /hari	87,91	175,81	137,69
		m <sup>3</sup> /bulan	2637,18	5274,36	4130,69

## Lanjutan Tabel 4.3

## Kebutuhan air bersih eksisiting daerah Kecamatan Kota Sumenep (2016)

No	Uraian	Satuan	Tahun(2016)		
			Pajagalan	Pabian	Marengan Daya
		juta m <sup>3</sup> /tahun	0,0316	0,0633	0,0496
9	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	1,17	2,34	1,83
10	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	1,59	3,17	2,49

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

## Tabel 4.4

## Kebutuhan air bersih eksisiting daerah Kecamatan Kalianget (2016)

No	Uraian	Satuan	Tahun (2016)			
			Marengan Laok	Kertasada	Kalianget Barat	Kalianget Timur
1	Jumlah SR	Unit Rumah jiwa	319	570	166	380
2	Jumlah jiwa / rumah		5	5	5	5
3	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60	60
4	Kebutuhan air domestik	lt/hari	95700	171000	49800	114000
		lt/detik	1,11	1,98	0,58	1,32
5	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,17	0,30	0,09	0,20
6	Total Kebutuhan air	lt/detik	1,27	2,28	0,66	1,52
7	Kehilangan air (30%)	lt/detik	0,38	0,68	0,20	0,46
		lt/detik	1,66	2,96	0,86	1,97
		m <sup>3</sup> /hari	143,07	255,65	74,45	170,43
8	Kebutuhan air bersih rata-rata (dengan kebocoran 30%)	m <sup>3</sup> /bulan juta m <sup>3</sup> /tahun	4292,15	7669,35	2233,53	5112,90
			0,05	0,09	0,03	0,06
9	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	1,90	3,40	0,99	2,27
10	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	2,58	4,62	1,34	3,08

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel kebutuhan air bersih eksisting dapat dilihat bahwa kebutuhan air bersih rata-rata pada setiap desa sangat kecil setiap detiknya hal ini disebabkan karena pelanggan yang menggunakan jasa pihak PDAM masih sedikit. Dibawah ini merupakan tabel rekapitulasi kebutuhan air bersih eksisting pada tahun 2016.

Tabel 4.5  
Rekapitulasi kebutuhan air bersih eksisting (2016)

Kecamatan	Desa	Keb.Air Rata-Rata	Keb.Air Maksimum	Keb.Air Jam Puncak
Kecamatan Kota Sumenep	Pajagalan	0,68	1,17	1,59
	Pabian	1,36	2,34	3,17
	Marengan Daya	1,07	1,83	2,49
	Marengan Laok	1,11	1,90	2,58
Kecamatan Kaliangget	Kertasada	1,98	3,40	4,62
	Kaliangget Barat	0,58	0,99	1,34
	Kaliangget Timur	1,32	2,27	3,08
Jumlah Total (lt/dt)		8,09	13,91	18,87

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Debit yang terpakai eksisitng sebesar 62 l/detik sedangkan debit yang di distribusikan ke pelanggan sebesar 8,09 l/detik sehingga terdapat sisa debit 53,91 l/detik. Jumlah pelanggan yang dilayani oleh pihak PDAM pada kondisi eksisting tahun 2016 mencangkup 2.330 SR dari 8.014 SR atau sebesar 29%.

➤ Membandingkan harga air eksisiting dengan UMR Kabupaten Sumenep

$$\text{UMR (Upah Minimum Regional)} = \text{Rp } 1.645.146,48$$

Harga air eksisiting Kabupaten Sumenep yaitu Rp.2.110

Kebutuhan air untuk 1 orang/ hari = 60 liter/hari/orang x 30

$$= 1800 \text{ liter/bulan/orang}$$

$$= 1,8 \text{ m}^3/\text{bulan/orang}$$

Nilai perbandingan = Harga air eksisting x kebutuhan air orang/bulan

$$= \text{Rp. } 2.110 \times 1,8 \text{ m}^3/\text{bulan/orang}$$

$$= \text{Rp. } 3.798 < \text{UMR}$$

#### 4.2 Analisis Simulasi Tidak Permanen Pada Jaringan Pipa Eksisiting (2016)

Analisa simulasi pada kondisi eksisting bertujuan untuk mengetahui keadaan yang terjadi pada lapangan. Pada kondisi eksisitng debit sumber sebesar 90 liter/detik. Pada kondisi eksisitng terdapat 5 pompa yang bekerja secara bergantian. Debit yang terpakai pada siang hari sebesar 62 liter/detik dengan menggunakan 3 pompa yang tiap pompa mempunyai kapasitas 21 dan 20 liter/detik. Sedangkan pada malam hari debit yang terpakai sebesar 38,70 liter/detik dengan menggunakan pompa dengan kapasitas 21 liter/detik dan 17,70 liter/detik.

##### 4.2.1 Analisis Simulasi *Headloss Gradient* dan Kecepatan Tidak Permanen Pada Jaringan Pipa Eksisiting (2016)

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui kriteria aliran di dalam pipa. Pada kondisi pada saat eksisitng akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan salah satu pipa yaitu pipa P-33.

➤ Contoh Perhitungan *headloss gradient* pada pipa P-33 pada jam 07.00:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Panjang Pipa} &: 318 \text{ m} \\ Q \text{ pada saat jam 8} &: 4,37 \text{ l/detik} \\ &: 0,00437 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$Chw : 150$$

$$\text{Diameter pipa : } 8 \text{ inch} = 0,2032 \text{ m}$$

Penyelesaian :

$$Hf = k \cdot Q^{1,85}$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{10,7 \times L}{Chw^{1,85} \times D^{4,87}} \\ &= \frac{10,7 \times 318}{150^{1,85} \times 0,2032^{4,87}} \\ &= 752,4084 \end{aligned}$$

Dari nilai k tersebut maka di peroleh nilai kehilangan tinggi tekan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Hf &= k \cdot Q^{1,85} \\ &= 752,4084 \cdot 0,00437^{1,85} \\ &= 0,037139382 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Headloss gradient} = hf / L$$

$$\begin{aligned} &= 0,037139382 / 318 \\ &= 0,000116791 \text{ m/m} \\ &= 0,12 \text{ m/km} \end{aligned}$$

Tabel 4.6

Hasil Evaluasi *Headloss Gradient* dalam Pipa Distribusi P-33 Saat Kondisi Eksisting selama 24 jam

Jam	Debit L/s	Syarat Headloss Gradient	Headloss Gradient
		m/km	m/km
0	0,79	0-15	0,004
1	0,96	0-15	0,006
2	1,16	0-15	0,009
3	1,54	0-15	0,015
4	2,53	0-15	0,036
5	3,61	0-15	0,070
6	4,15	0-15	0,091
7	4,37	0-15	0,100
8	4,22	0-15	0,093
9	3,96	0-15	0,083
10	3,75	0-15	0,075
11	3,50	0-15	0,066
12	3,31	0-15	0,060
13	3,27	0-15	0,058

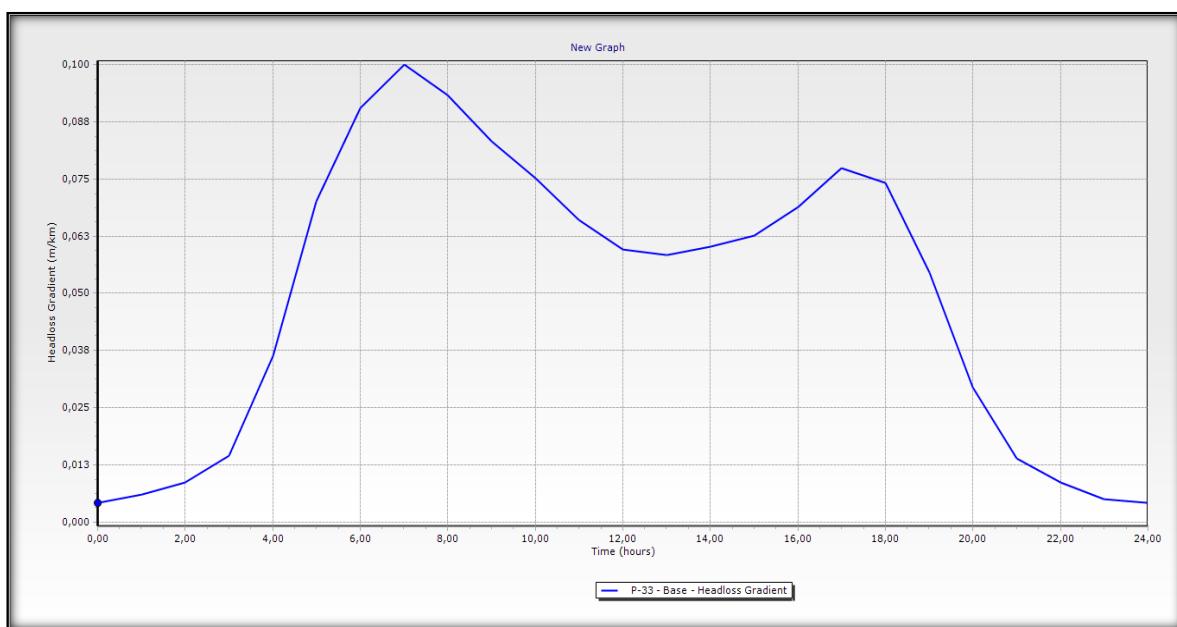
### Lanjutan Tabel 4.6

Hasil Evaluasi *Headloss Gradient* dalam Pipa Distribusi P-33 Saat Kondisi Eksisting selama 24 jam

Jam	Debit L/s	Syarat Headloss Gradient	Headloss Gradient m/km
		m/km	
14	3,33	0-15	0,060
15	3,40	0-15	0,063
16	3,58	0-15	0,069
17	3,81	0-15	0,077
18	3,72	0-15	0,074
19	3,16	0-15	0,055
20	2,26	0-15	0,029
21	1,51	0-15	0,014
22	1,16	0-15	0,009
23	0,88	0-15	0,005
24	0,79	0-15	0,004

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi program *WaterCAD V8i headloss gradient* selama 24 jam pipa distribusi memenuhi kriteria. *Headloss Gradient* tertinggi terjadi pada jam 07.00 pagi yaitu 0,1 m/km dan *headloss gradient* terendah terjadi pada jam 00.00 yaitu 0,004 m/km. Hal itu di sebabkan pada saat jam 7 pagi merupakan jam puncak dimana kebutuhan air menjadi meningkat. Semakin besar debit yang melewati suatu pipa maka *headloss gradient* semakin besar begitu juga sebaliknya. Berikut ini *headloss gradient* dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini :



Gambar 4.1 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-33 Kondisi Eksisting  
Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

➤ Contoh Perhitungan kecepatan pada pipa P-33 pada jam 07.00:

$$V_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54}$$

$$S_f = H_f / L$$

$$= 0,037139382 / 318$$

$$= 0,000117 \text{ m/m}$$

$$R_i = D/4$$

$$= 0,203 / 4$$

$$= 0,0508$$

$$V_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54}$$

$$= 0,85 \cdot 150 \cdot (0,0508)^{0,63} \cdot (0,000244)^{0,54}$$

$$= 0,14 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan pada pipa distribusi air bersih P-33 memiliki nilai yang sama dengan hasil program *WaterCAD V8i*. Di bawah ini adalah tabel kecepatan pipa P-33 selama 24 jam.

Tabel 4.7

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi P-33 Saat Kondisi Eksisitng selama 24 jam

Jam	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
0	0,1-2,5	0,02	Tidak Memenuhi
1	0,1-2,5	0,03	Tidak Memenuhi
2	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi
3	0,1-2,5	0,05	Tidak Memenuhi
4	0,1-2,5	0,08	Tidak Memenuhi
5	0,1-2,5	0,11	Memenuhi
6	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
7	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
8	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
9	0,1-2,5	0,12	Memenuhi
10	0,1-2,5	0,12	Memenuhi
11	0,1-2,5	0,11	Memenuhi
12	0,1-2,5	0,10	Memenuhi
13	0,1-2,5	0,10	Memenuhi
14	0,1-2,5	0,10	Memenuhi
15	0,1-2,5	0,10	Memenuhi
16	0,1-2,5	0,11	Memenuhi
17	0,1-2,5	0,12	Memenuhi
18	0,1-2,5	0,11	Memenuhi
19	0,1-2,5	0,10	Memenuhi
20	0,1-2,5	0,07	Tidak Memenuhi
21	0,1-2,5	0,05	Tidak Memenuhi
22	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi

### Lanjutan Tabel 4.7

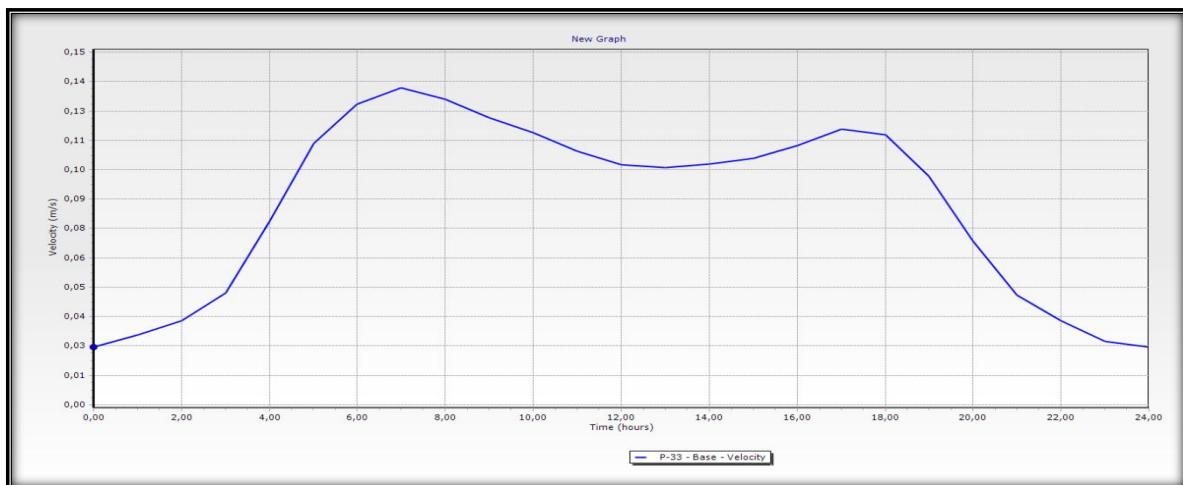
#### Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi P-33 Saat Kondisi Eksisitng selama 24 jam

Jam	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
23	0,1-2,5	0,03	Tidak Memenuhi
24	0,1-2,5	0,02	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Kecepatan pada pipa distribusi P-33 selama 24 jam terdapat pipa yang tidak memenuhi kriteria kecepatan. Pada jam 00.00 sampai 04.00 dan pada jam 20.00-24.00 kecepatan pada jam tersebut tidak memenuhi kriteria.

Berikut ini kecepatan distribusi air bersih pada P-33 dapat disajikan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-33 Kondisi Eksisitng

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Untuk mengetahui semua pipa memenuhi syarat kriteria kecepatan maka dilakukan simulasi dengan menggunakan *Program WaterCad V8i*. Berikut ini contoh hasil simulasi nilai kecepatan pada kondisi eksisting (2016) pada pukul 07.00 dengan bantuan *Program WaterCad V8i*:

Tabel 4.8

#### Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi Saat Eksisting saat pukul 07.00

Label	Diamater in	Material	Hazzen Williams C	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
P-1	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi
P-2	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi
P-3	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi
P-4	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi
P-5	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi
P-6	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi
P-7	8	PVC	150	0,1-2,5	0,55	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.8

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi Saat Eksisting saat pukul 07.00

Label	Diamater in	Material	Hazzen Williams C	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
P-8	6	PVC	150	0,1-2,5	0,08	Tidak Memenuhi
P-9	8	PVC	150	0,1-2,5	0,50	Memenuhi
P-10	8	PVC	150	0,1-2,5	0,50	Memenuhi
P-11	6	PVC	150	0,1-2,5	0,16	Memenuhi
P-12	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-13	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-14	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-15	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-16	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-17	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-18	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-19	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-20	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-21	8	PVC	150	0,1-2,5	0,41	Memenuhi
P-22	6	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-23	8	PVC	150	0,1-2,5	0,34	Memenuhi
P-24	8	PVC	150	0,1-2,5	0,34	Memenuhi
P-25	8	PVC	150	0,1-2,5	0,34	Memenuhi
P-26	8	PVC	150	0,1-2,5	0,34	Memenuhi
P-27	8	PVC	150	0,1-2,5	0,34	Memenuhi
P-28	6	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-29	8	PVC	150	0,1-2,5	0,26	Memenuhi
P-30	8	PVC	150	0,1-2,5	0,26	Memenuhi
P-31	6	PVC	150	0,1-2,5	0,24	Memenuhi
P-32	6	PVC	150	0,1-2,5	0,24	Memenuhi
P-33	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-34	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-35	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-36	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-37	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-38	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-39	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-40	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-41	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-42	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-43	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-44	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-45	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-46	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-47	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-48	8	PVC	150	0,1-2,5	0,13	Memenuhi
P-49	6	PVC	150	0,1-2,5	0,07	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.8

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi Saat Eksisting saat pukul 07.00

Label	Diamater in	Material	Hazzen Williams C	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
P-50	8	PVC	150	0,1-2,5	0,09	Tidak Memenuhi
P-51	8	PVC	150	0,1-2,5	0,09	Tidak Memenuhi
P-52	8	PVC	150	0,1-2,5	0,09	Tidak Memenuhi
P-53	8	PVC	150	0,1-2,5	0,09	Tidak Memenuhi
P-54	8	PVC	150	0,1-2,5	0,09	Tidak Memenuhi
P-55	8	PVC	150	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi
P-56	8	PVC	150	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi
P-57	8	PVC	150	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi
P-58	8	PVC	150	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi
P-59	8	PVC	150	0,1-2,5	0,04	Tidak Memenuhi
P-60	4	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Memenuhi
P-61	8	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Pompa
P-62	8	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Pompa
P-63	8	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Pompa
P-64	8	PVC	150	0,1-2,5	0,00	Pompa
P-65	8	PVC	150	0,1-2,5	0,00	Pompa
P-66	8	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Pompa
P-67	8	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Pompa
P-68	8	PVC	150	0,1-2,5	0,18	Pompa
P-69	8	PVC	150	0,1-2,5	0,00	Pompa
P-70	8	PVC	150	0,1-2,5	0,00	Pompa

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

Selain nilai *headloss gradient* dan nilai kecepatan, hal yang perlu di perhatikan dalam distribusi air bersih yaitu nilai tekanan suatu simpul di suatu pipa. Tekanan titik simpul di pengaruhi oleh elevasi dan pompa. Berikut ini merupakan contoh tabel titik simpul pada J-31:

Tabel 4.9

Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Distribusi J-31 Saat Kondisi Eksisting pada pukul 07.00

Jam	Syarat Tekanan		Keterangan
	atm	atm	
0	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
1	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
2	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
3	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
4	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
5	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
6	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
7	0,5-8	16	Tidak Memenuhi
8	0,5-8	16	Tidak Memenuhi
9	0,5-8	17	Tidak Memenuhi

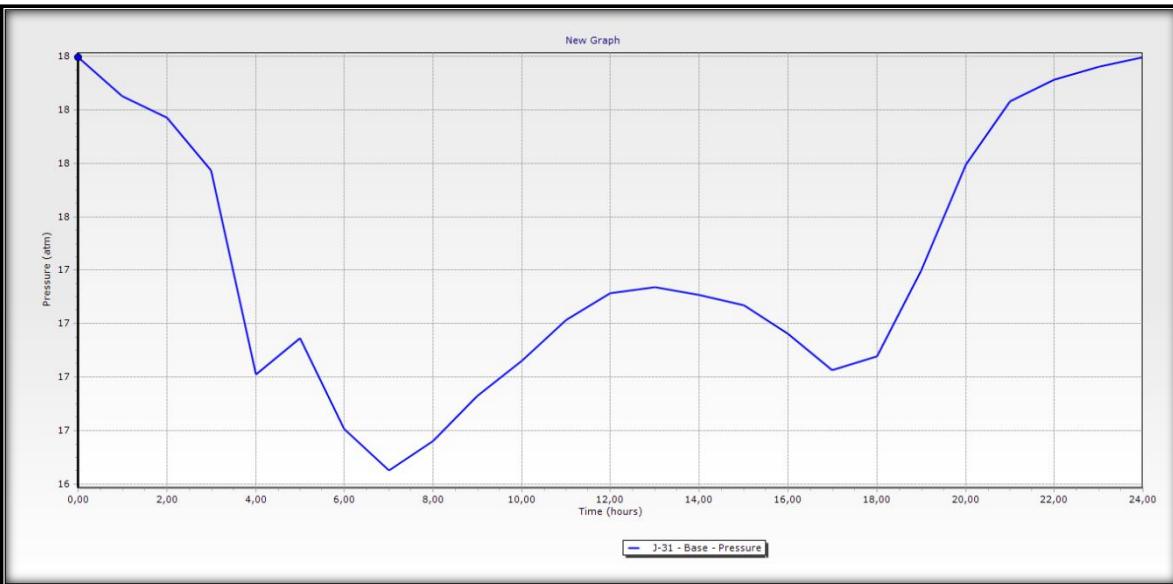
### Lanjutan Tabel 4.9

Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Distribusi J-31 Saat Kondisi Eksisting pada pukul 07.00

Jam	Syarat Tekanan	Tekanan	Keterangan
	atm	atm	
10	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
11	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
12	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
13	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
14	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
15	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
16	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
17	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
18	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
19	0,5-8	17	Tidak Memenuhi
20	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
21	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
22	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
23	0,5-8	18	Tidak Memenuhi
24	0,5-8	18	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai tekanan pada kondisi eksisting selama 24 jam tidak memenuhi kriteria syarat tekanan. Berikut ini merupakan grafik tekanan pada pipa J-31 selama 24 jam:



Gambar 4.3 Grafik Tekanan J-31

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

### 4.3 Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Bersih Pada Kondisi Pengembangan

Debit sumber yang tersedia sebesar 90 l/detik. Sedangkan debit eksisting yang terpakai 62 l/detik dan yang di distribusikan ke pelanggan sebesar 8,09 l/detik. Dari debit eksisting yang terpakai terdapat sisa debit sebesar 53,91 l/detik. Pada tahap pengembangan dilakukan

penambahan debit sebesar 5 l/detik sehingga debit total untuk tahap pengembangan sebesar 58,91 l/detik. Debit 58,91 l/detik dapat mensuplai 84.830 jiwa atau 16.966 SR. Pada tahap pengembangan ini juga dilakukan penambahan jaringan dan untuk mengurangi tekanan yang besar maka dilakukan penambahan menara air.

#### **4.4 Perhitungan Analisa Proyeksi Penduduk**

Analisa proyeksi penduduk digunakan untuk menentukan proyeksi penduduk di masa yang akan mendatang dengan menggunakan metode eksponensial, aritmatika dan geometri. Di dalam analisa proyeksi penduduk dibutuhkan perhitungan prosentase laju pertumbuhan penduduk yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan jumlah penduduk setiap tahunnya.

##### **4.4.1 Prosentase Laju Pertumbuhan Penduduk (%)**

Laju pertumbuhan penduduk adalah perubahan jumlah penduduk di suatu wilayah tertentu pada waktu tertentu. Kegunaannya adalah memprediksi jumlah penduduk suatu wilayah di masa yang akan datang. Prosentase laju pertumbuhan penduduk digunakan untuk mengetahui berapa kenaikan laju pertumbuhan penduduk pada suatu daerah dari suatu tahun ke tahun berikutnya dan sebagai perhitungan untuk proyeksi penduduk dengan menggunakan metode proyeksi aritmatika, eksponensial dan geometri. Berikut ini merupakan tabel prosentase laju pertumbuhan penduduk di tujuh desa yang dilayani oleh Sumber Taman Lake’

Tabel 4.10

Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Pabian

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007	5115		
2008	5220	105,00	2,05
2009	5324	104,00	1,99
2010	5563	239,00	4,49
2011	5557	-6,00	-0,11
2012	5632	75,00	1,35
2013	5679	47,00	0,83
2014	5282	-397,00	-6,99
2015	5269	-13,00	-0,25
2016	5267	-2,00	-0,04
Jumlah		152,00	3,34
Rata-Rata			0,37

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.11

Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Marengan Daya

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007	1651		
2008	1887	236,00	14,29
2009	2018	131,00	6,94
2010	1859	-159,00	-7,88
2011	1869	10,00	0,54

Lanjutan Tabel 4.11

## Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Marengan Daya

Tahun	Jumlah	Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2012		1889	20,00	1,07
2013		1903	14,00	0,74
2014		2008	105,00	5,52
2015		1977	-31,00	-1,54
2016		2005	28,00	1,42
	Jumlah		354,00	21,10
	Rata-Rata			2,34

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.12

## Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Pajagalan

Tahun	Jumlah	Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007		3544		
2008		3681	137,00	3.87
2009		3870	189,00	5.13
2010		3981	111,00	2.87
2011		3935	-46,00	-1.16
2012		4021	86,00	2.19
2013		4057	36,00	0.90
2014		3604	-453,00	-11.17
2015		3610	6,00	0.17
2016		3595	-15,00	-0.42
	Jumlah		51,00	2.38
	Rata-Rata			0.26
	e			2.7182818

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.13

## Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Kalianget Timur

Tahun	Jumlah	Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007		12275		
2008		12311	36,00	0.29
2009		12428	117,00	0.95
2010		11907	-521,00	-4.19
2011		11902	-5,00	-0.04
2012		11962	60,00	0.50
2013		12046	84,00	0.70
2014		12183	137,00	1.14
2015		12160	-23,00	-0.19
2016		12058	-102,00	-0.84
	Jumlah		-217,00	-1.67
	Rata-Rata			-0.19
	e			2.7182818

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

**Tabel 4.14**  
**Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Kaliangget Barat**

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007	9119		
2008	9201	82.00	0.90
2009	9434	233.00	2.53
2010	8816	-618.00	-6.55
2011	8849	33.00	0.37
2012	8873	24.00	0.27
2013	8937	64.00	0.72
2014	9554	617.00	6.90
2015	9587	33.00	0.35
2016	9597	10.00	0.10
	Jumlah	478.00	5.60
	Rata-Rata		0.62
e			2.7182818

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

**Tabel 4.15**  
**Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Kertasada**

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007	3117		
2008	3126	9,00	0,29
2009	3084	-42,00	-1,34
2010	3079	-5,00	-0,16
2011	3094	15,00	0,49
2012	3122	28,00	0,90
2013	3139	17,00	0,54
2014	3166	27,00	0,86
2015	3191	25,00	0,79
2016	3192	1,00	0,03
	Jumlah	75,00	2,40
	Rata-Rata		0,27

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

**Tabel 4.16**  
**Prosentase laju pertumbuhan penduduk daerah Marengan Laok**

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jiwa	Prosentase %
2007	4245		
2008	4229	-16.00	-0.38
2009	4228	-1.00	-0.02
2010	4199	-29.00	-0.69
2011	4149	-50.00	-1.19
2012	4177	28.00	0.67
2013	4203	26.00	0.62
2014	4295	92.00	2.19
2015	4338	43.00	1.00
2016	4354	16.00	0.37
	Jumlah	109.00	2.58
	Rata-Rata		0.29
e			2.7182818

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel prosentase laju pertumbuhan penduduk memiliki nilai prosentase rata-rata yang berbeda di setiap daerah. Pada tahun-tahun tertentu ada daerah yang memiliki prosentase laju pertumbuhan penduduk yang tidak terlalu tinggi dan penurunan prosentase penduduk yang tidak terlalu tinggi seperti pada daerah Marengan Laok. Namun ada beberapa daerah yang memiliki prosentase laju pertumbuhan penduduk yang tinggi dan penurunan prosentase penduduk yang tinggi seperti pada daerah Kalianget Timur.

#### **4.4.2 Perhitungan Proyeksi Penduduk dengan Menggunakan Metode Eksponensial, Aritmatika dan Geometri.**

##### **4.4.2.1 Perhitungan Proyeksi Penduduk dengan Metode Eksponensial**

Metode Eksponensial merupakan metode proyeksi penduduk yang menggambarkan pertumbuhan penduduk yang terjadi tidak signifikan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan metode eksponensial.

➤ Contoh perhitungan pada desa Pabian

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 5115 \text{ jiwa (Tahun 2007)} \\
 e &= 2,7182818 \text{ (bilangan eksponensial)} \\
 r &= 0,37\% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)} \\
 &= 0,0037 \\
 n &= 10 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2017 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\
 &= 5115 \cdot 2,7182818^{(0,0037 \cdot 10)} \\
 &= 5308 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Tabel perhitungan proyeksi penduduk dengan metode eksponensial sampai tahun 2031 untuk tujuh desa dapat dilihat pada Tabel 4.17.

**Tabel 4.17  
Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Eksponensial**

Tahun	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
2007	5115	1651	3544	12275	9119	3117	4245
2008	5220	1887	3681	12311	9201	3126	4229
2009	5324	2018	3870	12428	9434	3084	4228
2010	5563	1859	3981	11907	8816	3079	4199
2011	5557	1869	3935	11902	8849	3094	4149
2012	5632	1889	4021	11962	8873	3122	4177
2013	5679	1903	4057	12046	8937	3139	4203
2014	5282	2008	3604	12183	9554	3166	4295
2015	5269	1977	3610	12160	9587	3191	4338
2016	5267	2005	3595	12058	9597	3192	4354
2017	5308	2087	3639	12049	9705	3201	4368

Lanjutan Tabel 4.17  
Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Eksponensial

Tahun	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
2018	5328	2137	3649	12026	9765	3210	4381
2019	5348	2187	3658	12004	9826	3218	4394
2020	5367	2239	3668	11982	9887	3227	4406
2021	5387	2292	3678	11959	9949	3236	4419
2022	5407	2347	3687	11937	10011	3244	4431
2023	5428	2402	3697	11915	10074	3253	4444
2024	5448	2459	3707	11893	10137	3262	4457
2025	5468	2518	3717	11871	10200	3270	4470
2026	5488	2577	3727	11849	10264	3279	4483
2027	5509	2638	3736	11827	10328	3288	4495
2028	5529	2701	3746	11805	10392	3297	4508
2029	5550	2765	3756	11783	10457	3305	4521
2030	5570	2831	3766	11761	10522	3314	4534
2031	5591	2898	3776	11739	10588	3323	4547

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Proyeksi pertambahan penduduk dengan menggunakan metode eksponensial meningkat setiap tahunnya sebesar 2,34%. Hal ini di sebabkan karena metode ini pertumbuhan penduduknya terjadi secara signifikan.

#### 4.4.2.2 Perhitungan Proyeksi Penduduk dengan Metode Aritmatika

Proyeksi metode aritmatika merupakan metode yang berasumsi bahwa interval pertambahan penduduk setiap tahunnya adalah konstan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan metode aritmatika.

➤ Contoh perhitungan pada desa Pabian

$$P_0 = 5115 \text{ jiwa (Tahun 2007)}$$

$$n = 10 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 0,37 \% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)} = 0,0037$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2017 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r \cdot n) \\ &= 5115 (1 + (0,0037 \cdot 10)) \\ &= 5305 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Tabel perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatika sampai tahun 2031 untuk tujuh desa dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika

Tahun	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
2007	5115	1651	3544	12275	9119	3117	4245

Lanjutan Tabel 4.18  
Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatika

Tahun	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
2008	5220	1887	3681	12311	9201	3126	4229
2009	5324	2018	3870	12428	9434	3084	4228
2010	5563	1859	3981	11907	8816	3079	4199
2011	5557	1869	3935	11902	8849	3094	4149
2012	5632	1889	4021	11962	8873	3122	4177
2013	5679	1903	4057	12046	8937	3139	4203
2014	5282	2008	3604	12183	9554	3166	4295
2015	5269	1977	3610	12160	9587	3191	4338
2016	5267	2005	3595	12058	9597	3192	4354
2017	5305	2038	3638	12047	9687	3200	4367
2018	5324	2077	3647	12024	9743	3208	4379
2019	5343	2115	3656	12001	9800	3217	4391
2020	5361	2154	3666	11978	9857	3225	4403
2021	5380	2193	3675	11955	9914	3233	4415
2022	5399	2232	3685	11932	9970	3242	4427
2023	5418	2270	3694	11910	10027	3250	4440
2024	5437	2309	3703	11887	10084	3258	4452
2025	5456	2348	3713	11864	10141	3267	4464
2026	5475	2386	3722	11841	10197	3275	4476
2027	5494	2425	3731	11818	10254	3283	4488
2028	5513	2464	3741	11795	10311	3292	4500
2029	5532	2502	3750	11773	10368	3300	4513
2030	5551	2541	3759	11750	10424	3308	4525
2031	5570	2580	3769	11727	10481	3317	4537

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Proyeksi pertambahan penduduk dengan menggunakan metode aritmatika meningkat setiap tahunnya sebesar 1,88%. Hal ini di sebabkan karena metode ini pertumbuhan penduduknya terjadi secara konstan.

#### 4.4.2.3 Perhitungan Proyeksi Penduduk dengan Metode Geometri

Proyeksi metode geometri merupakan metode yang berasumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk setiap tahunnya dianggap sama. Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan metode geometri.

➤ Contoh perhitungan pada desa Pabian

$$P_0 = 5115 \text{ jiwa (Tahun 2007)}$$

$$n = 10 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 0,37\% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)} = 0,0037$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2017 sebagai berikut :

$$P_n = P_0 (1+r)^n$$

$$= 5115 (1 + 0,0037)^{10}$$

$$= 5308 \text{ jiwa}$$

Tabel perhitungan proyeksi penduduk dengan metode geometri sampai tahun 2031 untuk tujuh desa dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19

## Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Geometri

Tahun	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
2007	5115	1651	3544	12275	9119	3117	4245
2008	5220	1887	3681	12311	9201	3126	4229
2009	5324	2018	3870	12428	9434	3084	4228
2010	5563	1859	3981	11907	8816	3079	4199
2011	5557	1869	3935	11902	8849	3094	4149
2012	5632	1889	4021	11962	8873	3122	4177
2013	5679	1903	4057	12046	8937	3139	4203
2014	5282	2008	3604	12183	9554	3166	4295
2015	5269	1977	3610	12160	9587	3191	4338
2016	5267	2005	3595	12058	9597	3192	4354
2017	5308	2081	3639	12049	9703	3201	4368
2018	5327	2130	3648	12026	9763	3210	4381
2019	5347	2180	3658	12004	9824	3218	4393
2020	5367	2231	3668	11981	9885	3227	4406
2021	5387	2284	3677	11959	9946	3235	4419
2022	5407	2337	3687	11937	10008	3244	4431
2023	5427	2392	3697	11915	10071	3253	4444
2024	5447	2448	3707	11892	10133	3261	4457
2025	5467	2505	3716	11870	10196	3270	4469
2026	5487	2564	3726	11848	10260	3279	4482
2027	5508	2624	3736	11826	10324	3288	4495
2028	5528	2686	3746	11804	10388	3296	4508
2029	5549	2749	3756	11782	10453	3305	4521
2030	5569	2813	3766	11760	10518	3314	4534
2031	5590	2879	3776	11738	10583	3323	4547

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Proyeksi pertambahan penduduk dengan menggunakan metode geometri di anggap sama dari tahun ke tahun. Pertumbuhan penduduk pada metode geometri akan meningkat 2,30% setiap tahunnya.

**4.4.2.4 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi**

Untuk menentukan metode proyeksi yang akan digunakan maka dilakukan perhitungan uji standar deviasi dan uji korelasi.

Tabel 4.20

## Uji Standar Deviasi

	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
Eksponensial	142	351	134	176	555	76	123
Aritmatik	139	250	135	179	523	74	120
Geometri	142	345	134	176	554	76	123

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.21  
Uji korelasi

	Pabian	Marengan Daya	Pajagalan	Kalianget Timur	Kalianget Barat	Kertasada	Marengan Laok
Eksponensial	0.175	0.654	-0.099	0.387	0.458	0.782	0.577
Aritmatik	0.179	0.659	-0.096	0.385	0.454	0.781	0.575
Geometri	0.175	0.654	-0.099	0.387	0.458	0.782	0.577

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Dari hasil uji standar deviasi dan uji korelasi maka metode yang digunakan adalah metode aritmatik karena metode ini mempunyai nilai standar deviasi yang paling kecil sehingga metode ini mendekati nilai kebenaran. Dari metode aritmatik dapat diketahui jumlah penduduk pada tahun 2031 sebesar 42.436 jiwa atau 8.487 SR.

#### 4.5 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Tahap Pengembangan

Kebutuhan air bersih harus dilakukan sebuah perhitungan untuk mengetahui jumlah kebutuhan air bersih rata-rata, kebutuhan air bersih maksimum dan kebutuhan air bersih di saat jam puncak. Oleh karena itu kebutuhan air bersih setiap daerah berbeda-beda. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan kebutuhan air bersih daerah Pabian pada tahun 2031 .

1. Jumlah penduduk (setelah diproyeksi) tahun 2031 sebesar 5570 jiwa
2. Jumlah jiwa dalam satu rumah 5 orang
3. Jumlah SR (Sambungan Rumah)
 
$$= 5570 / 5$$

$$= 1114 \text{ SR}$$
4. Prosentase jumlah SR adalah 50%
5. Kebutuhan air bersih untuk 1 orang per hari 60 lt/orang/hari
6. Kebutuhan air domestik
 
$$= \text{Jumlah penduduk total} \times \text{prosentase jumlah SR} \times \text{kebutuhan ar untuk 1 orang per hari}$$

$$= 5570 \times 50\% \times 60 \text{ lt/orang/hari}$$

$$= 167100,0754 \text{ lt/hari}$$

$$= 1,93 \text{ lt/dt}$$
7. Kebutuhan air bersih non domestik
 
$$= 15\% \times \text{kebutuhan air bersih domestik}$$

$$= 15\% \times 1,93 \text{ lt/dt}$$

$$= 0,29 \text{ lt/dt}$$
8. Total Kebutuhan Air Bersih
 
$$= \text{Total kebutuhan air (kebutuhan air bersih domestik + kebutuhan air non domestik)}$$

$$= \text{Total kebutuhan air (kebutuhan air bersih domestik + kebutuhan air non domestik)}$$

$$= 1,93 \text{ lt/dt} + 0,29 \text{ lt/dt}$$

$$= 2,22 \text{ lt/dt}$$

9. Kehilangan air 30%

$$= 30\% \times \text{total kebutuhan air bersih}$$

$$= 30\% \times 2,22$$

$$= 0,67 \text{ lt/dt}$$

10. Kebutuhan air rata-rata

$$= \text{total kebutuhan air bersih} + \text{kehilangan air (30\%)}$$

$$= 2,22 \times 0,67$$

$$= 2,89 \text{ lt/dt}$$

$$= (2,89/1000) \times 3600 \times 24 = 249,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 249,81 \times 30 = 7494,44 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$= (7494,44 / 1000000) \times 12 = 0,09 \text{ juta m}^3/\text{tahun}$$

11. Kebutuhan air bersih maksimum

$$= 1,15 \times \text{kebutuhan air bersih rata-rata}$$

$$= 1,15 \times 2,89$$

$$= 3,33 \text{ lt/dt}$$

12. Kebutuhan air pada jam puncak

$$= 1,56 \times \text{kebutuhan air bersih rata-rata}$$

$$= 1,56 \times 2,89$$

$$= 4,51 \text{ lt/dt}$$

Untuk perhitungan kebutuhan air bersih setiap desa yang dilayani oleh Sumber Taman Lake' dapat di sajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.22

Kebutuhan Air Bersih Daerah Pabian

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
1	Jumlah penduduk total	jiwa	5380	5475	5570
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit Rumah	1076	1095	1114
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	161412,54	164256,30	167100,07
		lt/detik	1,87	1,90	1,93
7	Kebutuhan air non domestik = 15%	lt/detik	0,28	0,29	0,29
	Keb. Domestik	lt/detik	2,15	2,19	2,22
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	0,64	0,66	0,67
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	2,79	2,84	2,89
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	lt/detik			

Lanjutan Tabel 4.22  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Pabian

No	Uraian	Satuan	Tahun			
			2021	2026	2031	
			m <sup>3</sup> /bulan	7239,35	7366,90	7494,44
		juta		0,09	0,09	0,09
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik		3,21	3,27	3,33
12	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik		4,36	4,43	4,51

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.23  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Marengan Daya

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
			m <sup>3</sup> /bulan	7239,35	7366,90
1	Jumlah penduduk total	jiwa	2193	2386	2580
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit Rumah	439	477	516
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	65784,326	71589,4431	77394,56
		lt/detik	0,76	0,83	0,90
7	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,11	0,12	0,13
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	0,88	0,95	1,03
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	0,26	0,29	0,31
		lt/detik	1,14	1,24	1,34
		m <sup>3</sup> /hari	98,35	107,03	115,70
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	m <sup>3</sup> /bulan	2950,43	3210,79	3471,15
		juta	0,04	0,04	0,04
		m <sup>3</sup> /tahun			
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	1,31	1,42	1,54
12	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	1,78	1,93	2,09

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.24  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Pajagalan

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
			m <sup>3</sup> /bulan	7239,35	7366,90
1	Jumlah penduduk total	jiwa	3675	3722	3769
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit Rumah	735	744	754
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60

Lanjutan Tabel 4.24  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Pajagalan

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	110254,2	111659,270	113064,34
		lt/detik	1,28	1,29	1,31
7	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,19	0,19	0,20
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	1,47	1,49	1,50
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	0,44	0,45	0,45
		lt/detik	1,91	1,93	1,96
		m <sup>3</sup> /hari	164,83	166,93	169,03
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	m <sup>3</sup> /bulan	4944,90	5007,92	5070,94
		juta			
		m <sup>3</sup> /tahun	0,06	0,06	0,06
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	2,19	2,22	2,25
	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	2,98	3,01	3,05

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.25  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Marengan Laok

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
1	Jumlah penduduk total	jiwa	4415	4476	4537
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit			
		Rumah	883	895	907
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	132459,01	134283,654	136108,3
		lt/detik	1,53	1,55	1,58
7	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,23	0,23	0,24
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	1,76	1,79	1,81
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	0,53	0,54	0,54
		lt/detik	2,29	2,32	2,36
		m <sup>3</sup> /hari	198,03	200,75	203,48
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	m <sup>3</sup> /bulan	5940,79	6022,62	6104,46
		juta			
		m <sup>3</sup> /tahun	0,07	0,07	0,07
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	2,64	2,67	2,71
12	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	3,58	3,62	3,67

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.26  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Kertasada

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
1	Jumlah penduduk total	jiwa	3233	3275	3317
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit Rumah	647	655	663
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	97002,259	98249,49408	99496,729
		lt/detik	1,12	1,14	1,15
7	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,17	0,17	0,17
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	1,29	1,31	1,32
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	0,39	0,39	0,40
		lt/detik	1,68	1,70	1,72
		m <sup>3</sup> /hari	145,02	146,88	148,75
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	m <sup>3</sup> /bulan	4350,55	4406,49	4462,43
		juta m <sup>3</sup> /tahun	0,05	0,05	0,05
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	1,93	1,96	1,98
12	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	2,62	2,65	2,69

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.27  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Kaliangget Barat

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
1	Jumlah penduduk total	jiwa	9914	10197	10481
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit Rumah	1983	2039	2096
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	297406,1	305918,9987	314431,89
		lt/detik	3,44	3,54	3,64
7	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,52	0,53	0,55
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	3,96	4,07	4,19
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	1,19	1,22	1,26
		lt/detik	5,15	5,29	5,44
		m <sup>3</sup> /hari	444,62	457,35	470,08
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	m <sup>3</sup> /bulan	13338,66	13720,47	14102,27
		juta m <sup>3</sup> /tahun	0,16	0,16	0,17
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	5,92	6,09	6,26
12	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	8,03	8,26	8,49

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.28  
Kebutuhan Air Bersih Daerah Kalianget Timur

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2021	2026	2031
1	Jumlah penduduk total	jiwa	11955	11841	11727
2	Jumlah jiwa / rumah	jiwa	5	5	5
3	Jumlah SR	Unit Rumah	2391	2368	2345
4	Prosentase jumlah SR	%	50	50	50
5	Kebutuhan air untuk 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60
6	Kebutuhan air domestik	lt/hari	358658,21	355232,5773	351806,94
7	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,62	0,62	0,61
8	Total Kebutuhan air	lt/detik	4,77	4,73	4,68
9	Kehilangan air (30%)	lt/detik	1,43	1,42	1,40
		lt/detik	6,21	6,15	6,09
		m <sup>3</sup> /hari	536,19	531,07	525,95
10	Kebutuhan air bersih rata-rata	m <sup>3</sup> /bulan	16085,82	15932,18	15778,54
		juta	0,19	0,19	0,19
		m <sup>3</sup> /tahun			
11	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air baku	lt/detik	7,14	7,07	7,00
12	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air baku	lt/detik	9,68	9,59	9,50

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel kebutuhan air bersih di atas, setiap desa mempunyai kebutuhan air bersih rata-rata yang berbeda-beda. Desa Kalianget Timur memiliki kebutuhan air bersih rata-rata paling tinggi diantara desa lainnya yaitu 6,09 l/detik sedangkan desa Marengan Daya memiliki kebutuhan air bersih rata-rata paling kecil yaitu 1,34 l/detik.

Dibawah ini merupakan hasil rekapitulasi kebutuhan air rata-rata, kebutuhan air maksimum dan kebutuhan air pada saat jam puncak dari semua daerah yang dilayani oleh Sumber Taman Lake'.

Tabel 4.29  
Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Tahap Pengembangan yang dilayani oleh Sumber Taman Lake' Tahun 2021

Kecamatan	Desa	Keb.Air Rata-Rata	Keb.Air Maksimum	Keb.Air Jam Puncak
Kecamatan Kota Sumenep	Pajagalan	1,91	2,19	2,98
	Pabian	2,79	3,21	4,36
	Marengan Daya	1,14	1,31	1,78
	Marengan Laok	2,29	2,64	3,58
Kecamatan Kalianget	Kertasada	1,68	1,93	2,62
	Kalianget Barat	5,15	5,92	8,03
	Kalianget Timur	6,21	7,14	9,68
	Jumlah Total (lt/dt)	21,16	24,34	33,01

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.30

Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Tahap Pengembangan yang dilayani oleh Sumber Taman Lake' Tahun 2026

Kecamatan	Desa	Keb.Air Rata-Rata	Keb.Air Maksimum	Keb.Air Jam Puncak
Kecamatan Kota Sumenep	Pajagalan	1,93	2,22	3,01
	Pabian	2,84	3,27	4,43
	Marengan Daya	1,24	1,42	1,93
	Marengan Laok	2,32	2,67	3,62
Kecamatan Kalianget	Kertasada	1,70	1,96	2,65
	Kalianget Barat	5,29	6,09	8,26
	Kalianget Timur	6,15	7,07	9,59
Jumlah Total (lt/dt)		21,48	24,70	33,50

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4.31

Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Tahap Pengembangan yang dilayani oleh Sumber Taman Lake' Tahun 2031

Kecamatan	Desa	Keb.Air Rata-Rata	Keb.Air Maksimum	Keb.Air Jam Puncak
Kecamatan Kota Sumenep	Pajagalan	1,96	2,25	3,05
	Pabian	2,89	3,33	4,51
	Marengan Daya	1,34	1,54	2,09
	Marengan Laok	2,36	2,71	3,67
Kecamatan Kalianget	Kertasada	1,72	1,98	2,69
	Kalianget Barat	5,44	6,26	8,49
	Kalianget Timur	6,09	7,00	9,50
Jumlah Total (lt/dt)		21,79	25,06	34,00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel rekapitulasi kebutuhan air bersih total pada tahap pengembangan yang dilayani oleh Sumber Taman Lake' pada tahun 2021 kebutuhan air rata-rata 21,16 l/detik. Kebutuhan air maksimum 24,34 l/detik, dan kebutuhan air jam puncak 26,41 l/detik. Pada tahun 2026 kebutuhan air rata-rata 21,48 l/detik. Kebutuhan air maksimum 24,70 l/detik dan kebutuhan air jam puncak 33,50 l/detik. Pada tahun 2031 kebutuhan air rata-rata 21,79 l/detik. Kebutuhan air maksimum 25,06 l/detik, dan kebutuhan air jam puncak 34,00 l/detik.

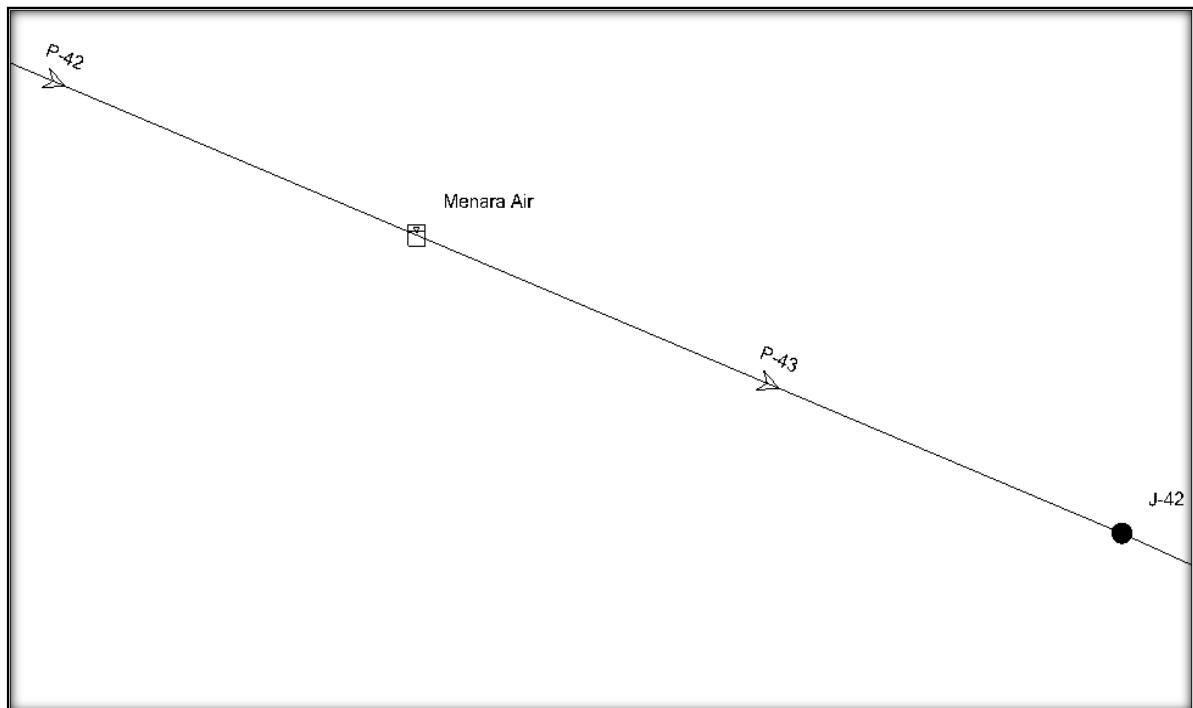
#### 4.6. Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih (2031) dengan Software *WaterCad V8i*

Pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih dilakukan hingga 15 tahun kedepan untuk mengetahui debit sumber yang tersedia memenuhi atau tidak memenuhi kebutuhan air bersih sampai 2031. Pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih dilakukan dengan menambah jaringan pada daerah Kalianget Timur sepanjang 1125m, penambahan prosentase daerah layanan dan melakukan penambahan menara air untuk mengurangi kinerja jam

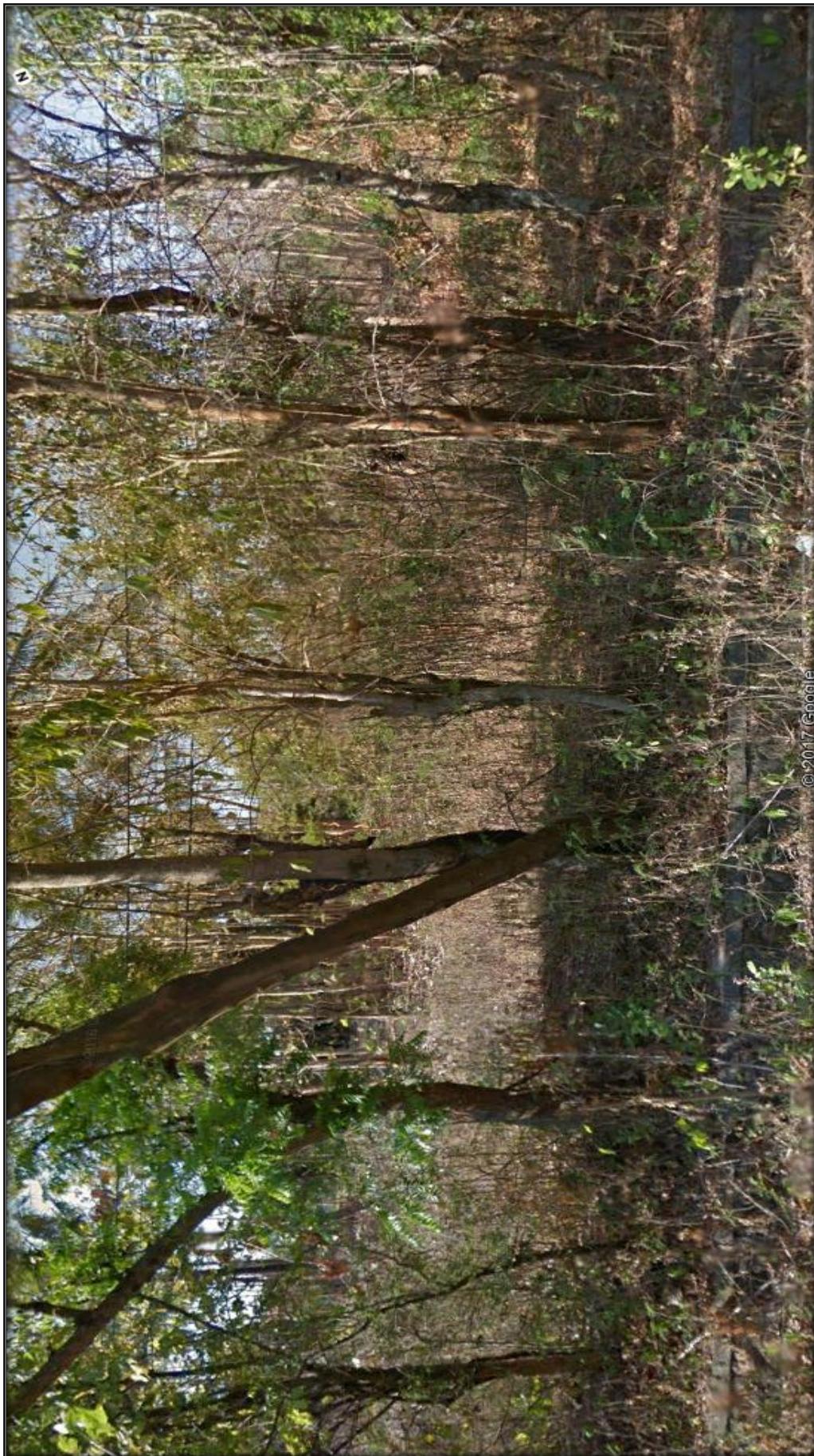
pompa eksisting. Pengembangan direncanakan dengan menggunakan jaringan yang sudah ada.

#### 4.6.1 Penambahan Menara Air

Pada pengembangan tahun 2031 dilakukan penambahan menara air untuk mengurangi kinerja jam pompa eksisting yang bekerja selama 20 jam. Dengan tidak adanya sebuah menara air menyebabkan tekanan yang ada di dalam pipa tinggi. Hal ini disebabkan air dari sumber yang telah di pompa langsung di distribusikan ke daerah layanan tanpa melalui sebuah penampungan. Menara air ini terletak sebelum desa Kalianget Barat dan desa Kalianget Timur. Perencanaan Menara air ini menggunakan kebutuhan air rata-rata di dua desa yaitu desa Kalianget Barat dan desa Kalianget Timur. Menara air ini mempunyai tinggi menara 5m dan tinggi tandon ukuran 5mx5mx4m dengan elevasi dasar +5m.



Gambar 4.4 Perletakan Menara Air  
Sumber: Hasil Simulasi Program WaterCad V8i



Gambar 4.5 Lokasi Perlakukan Menara Air  
Sumber: Google Earth, 2017

#### 4.6.2 Perhitungan Perencanaan Menara Air

Menara air adalah tempat penyimpanan air yang ditinggikan yang dibangun sebagai tempat penyimpanan air sementara untuk memenuhi kebutuhan yang cukup sebelum di distribusikan ke pelanggan atau konsumen. Tandon juga berfungsi untuk menjaga kesetimbangan antara produksi dengan kebutuhan sehingga pada saat jam puncak seluruh daerah layanan dapat tercukupi kebutuhan air bersihnya. Berikut ini merupakan perhitungan perencanaan tandon.

- Data rencana perencanaan menara air dengan ukuran 3m x 3m x 4m

$$H \text{ minimum} = 0,250 \text{ m}$$

$$H \text{ efektif} = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ m}$$

$$H \text{ jagaan} = 0,25 \text{ m}$$

Kebutuhan air rata-rata (Desa Kalianget Timur dan Kalianget Barat) pada tahun 2031 = 11,53 lt/dt

- Contoh perhitungan tandon

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 3 \times 3 = 9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume effektif} &= \text{Luas} \times H_{\text{effektif}} \\ &= 9 \times 3,5 = 31,50 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume mati} = 9 \times 0,25 = 2,25 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{Luas} \times (H_{\text{effektif}} + H_{\text{mati}} + H_{\text{jagaan}}) \\ &= 9 \times (3,5 + 0,25 + 0,25) \\ &= 36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Outflow} &= \text{Continuous Multiplayer(pada jam 07.00)} \times \text{Kebutuhan} \\ &\quad \text{air rata-rata} \\ &= 17,81 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Inflow} &= \text{Inflow} - \text{Outflow} \\ &= 22 - 17,81 \\ &= 4,33 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Inflow (m}^3/\text{jam}) &= \frac{(\text{Net Inflow} \times 3600)}{1000} \\ &= \frac{(4,33 \times 3600)}{1000} \\ &= 15,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Inflow} &= \frac{\text{Inflow} \times 3600}{1000} \\ &= \frac{22 \times 3600}{1000} \\ &= 79,71 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Outflow} &= \frac{\text{Outflow} \times 3600}{1000} \\ &= \frac{17,81 \times 3600}{1000} \\ &= 64,13 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Outflow rata-rata/jam} &= \frac{64,13+61,85}{2} \\ &= 62,99 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Komulatif inflow} &= \text{Vol. komulatif inflow jam 6} + \text{volume inflow jam 7} \\ &= 459,09 \text{ m}^3 + 79,71 \text{ m}^3 \\ &= 538,81 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Komulatif Outflow} &= \text{Vol. komulatif outflow jam 6} + \text{volume outflow} \\ &\quad \text{jam 7} \\ &= 216,26 \text{ m}^3 + 64,13 \text{ m}^3 \\ &= 280,39 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Vol. komulatif inflow} - \text{volume komulatif outflow} \\ &= 538,81 \text{ m}^3 - 280,39 \text{ m}^3 \\ &= 258,42 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume air eff. Dalam tandon = 31,50 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{Volume air total dalam tandon} &= \text{Volume air eff. Dalam tandon} + \text{Volume Mati} \\ &= 31,50 + 2,25 \\ &= 33,75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Air Dalam Tandon} &= \frac{\text{Volume Air Dalam Tandon}}{\text{Luas}} \\ &= \frac{33,75}{9} \\ &= 3,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk perhitungan jam berikutnya dapat di lihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.32

Tabel Perencanaan Tandon Dengan Menggunakan Kebutuhan Air Bersih Pada Tahun 2031(3m x 3m x 4m)

Jam Ke	Operasi Pompa	Multiplier faktor beban konsumen	Continuous Multipliers	Debit Pompa	Debit Outflow Sebelum Tandon	Net Inflow Pompa	Debit Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow / jam	Volume Outflow / jam	Outflow rata-rata / jam	Volume Komulatif Inflow	Volume Komulatif Outflow	Volume Tandon	Volume Air Efektif	Volume Air Total	H Air di Tandon
				lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	
0,00	1	0,25	0,28	21,00	2,87	18	3,23	14,90	53,63	65,25	11,62	12,87	65,25	11,62	53,63	31,50	33,75	3,75
1,00	1	0,31	0,34	21,00	3,49	18	3,92	13,59	48,92	63,04	14,11	15,57	128,29	25,73	102,56	31,50	33,75	3,75
2,00	1	0,37	0,41	21,00	4,21	17	4,73	12,06	43,43	60,45	17,02	19,82	188,74	42,75	145,99	31,50	33,75	3,75
3,00	1	0,45	0,55	21,00	5,59	15	6,28	9,12	32,84	55,46	22,62	29,89	244,21	65,38	178,83	31,50	33,75	3,75
4,00	1	0,64	0,90	21,00	9,19	12	10,32	1,49	5,38	42,53	37,15	45,04	286,74	102,52	184,21	31,50	33,75	3,75
5,00	2	1,15	1,28	38,00	13,09	25	14,70	10,21	36,77	89,69	52,92	56,87	376,43	155,45	220,98	31,50	33,75	3,75
6,00	2	1,4	1,47	38,00	15,04	23	16,89	6,07	21,86	82,67	60,81	62,47	459,09	216,26	242,84	31,50	33,75	3,75
7,00	2	1,53	1,55	38,00	15,86	22	17,81	4,33	15,58	79,71	64,13	62,99	538,81	280,39	258,42	31,50	33,75	3,75
8,00	2	1,56	1,49	38,00	15,29	23	17,18	5,53	19,90	81,75	61,85	59,98	620,55	342,23	278,32	31,50	33,75	3,75
9,00	2	1,42	1,40	38,00	14,37	24	16,14	7,49	26,96	85,07	58,11	56,55	705,63	400,34	305,28	31,50	33,75	3,75
10,00	2	1,38	1,33	38,00	13,60	24	15,28	9,12	32,84	87,84	55,00	53,13	793,47	455,34	338,12	31,50	33,75	3,75
11,00	2	1,27	1,24	38,00	12,68	25	14,24	11,08	39,91	91,17	51,26	49,91	884,64	506,61	378,03	31,50	33,75	3,75
12,00	2	1,2	1,17	38,00	12,01	26	13,49	12,50	45,01	93,57	48,56	48,25	978,20	555,17	423,04	31,50	33,75	3,75
13,00	2	1,14	1,16	38,00	11,85	26	13,32	12,83	46,18	94,12	47,94	48,36	1072,33	603,11	469,22	31,50	33,75	3,75
14,00	2	1,17	1,18	21,00	12,06	9	13,55	-4,61	-16,59	32,18	48,77	49,29	1104,51	651,88	452,63	31,50	33,75	3,75
15,00	2	1,18	1,20	38,00	12,32	26	13,84	11,85	42,65	92,46	49,81	51,16	1196,97	701,69	495,28	14,91	17,16	1,91
16,00	2	1,22	1,27	38,00	12,98	25	14,59	10,43	37,55	90,06	52,51	54,17	1287,03	754,20	532,83	31,50	33,75	3,75
17,00	2	1,31	1,35	38,00	13,80	24	15,51	8,69	31,28	87,10	55,83	55,21	1374,14	810,03	564,11	31,50	33,75	3,75
18,00	2	1,38	1,32	21,00	13,50	8	15,16	-7,66	-27,57	27,01	54,58	50,43	1401,15	864,61	536,54	31,50	33,75	3,75
19,00	1	1,25	1,12	21,00	11,44	10	12,86	-3,30	-11,88	34,40	46,28	39,74	1435,55	910,89	524,66	3,93	6,18	0,69
20,00	1	0,98	0,80	38,00	8,21	30	9,22	20,57	74,03	107,24	33,21	27,71	1542,79	944,10	598,69	-7,95	-5,70	-0,63
21,00	1	0,62	0,54	21,00	5,49	16	6,17	9,34	33,63	55,83	22,21	19,61	1598,62	966,31	632,32	31,50	33,75	3,75
22,00	1	0,45	0,41	21,00	4,21	17	4,73	12,06	43,43	60,45	17,02	14,94	1659,07	983,32	675,75	31,50	33,75	3,75
23,00	1	0,37	0,31	21,00	3,18	18	3,57	14,24	51,28	64,15	12,87	12,24	1723,22	996,19	727,03	31,50	33,75	3,75
24,00	1	0,25	0,28	21,00	2,87	18	3,23	14,90	53,63	65,25	11,62	12,87	1788,47	1007,81	780,66	31,50	33,75	3,75

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

➤ Data rencana perencanaan menara air dengan ukuran 4m x 4m x 4m

$$H \text{ minimum} = 0,250 \text{ m}$$

$$H \text{ efektif} = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 4 \text{ m}$$

$$H \text{jagaan} = 0,25 \text{ m}$$

Kebutuhan air rata-rata (Desa Kalianget Timur dan Kalianget Barat) pada tahun 2031 = 11,53 lt/dt

➤ Contoh perhitungan tandon

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 4 \times 4 = 16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume effektif} &= \text{Luas} \times H_{\text{effektif}} \\ &= 16 \times 3,5 = 31,50 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume mati} = 16 \times 0,25 = 4,00 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{Luas} \times (H_{\text{effektif}} + H_{\text{mati}} + H_{\text{jagaan}}) \\ &= 16 \times (3,5 + 0,25 + 0,25) \\ &= 64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Outflow} &= \text{Continuous Multiplayer(pada jam 07.00)} \times \text{Kebutuhan} \\ &\quad \text{air rata-rata} \\ &= 17,81 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Inflow} &= \text{Inflow} - \text{Outflow} \\ &= 22 - 17,81 \\ &= 4,33 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Inflow (m}^3/\text{jam}) &= \frac{(\text{Net Inflow} \times 3600)}{1000} \\ &= \frac{(4,33 \times 3600)}{1000} \\ &= 15,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Inflow} &= \frac{\text{Inflow} \times 3600}{1000} \\ &= \frac{22 \times 3600}{1000} \\ &= 79,71 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Outflow} &= \frac{\text{Outflow} \times 3600}{1000} \\ &= \frac{17,81 \times 3600}{1000} \\ &= 64,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Outflow rata-rata/jam} = \frac{64,13+61,85}{2} \\ = 62,99 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Komulatif inflow} = \text{Vol. komulatif inflow jam 6} + \text{volume inflow jam} 7 \\ = 459,09 \text{ m}^3 + 79,71 \text{ m}^3 \\ = 538,81 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Komulatif Outflow} = \text{Vol. komulatif outflow jam 6} + \text{volume outflow} \\ \text{jam} 7 \\ = 216,26 \text{ m}^3 + 64,13 \text{ m}^3 \\ = 280,39 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume} = \text{Vol. komulatif inflow} - \text{volume komulatif outflow} \\ = 538,81 \text{ m}^3 - 280,39 \text{ m}^3 \\ = 258,42 \text{ m}^3$$

Volume air eff. Dalam tandon = 56 m<sup>3</sup>

$$\text{Volume air total dalam tandon} = \text{Volume air eff. Dalam tandon} + \text{Volume Mati} \\ = 56,00 + 4,00 \\ = 60,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi Air Dalam Tandon} = \frac{\text{Volume Air Dalam Tandon}}{\text{Luas}} \\ = \frac{60}{16} \\ = 3,75 \text{ m}$$

Selanjutnya untuk perhitungan jam berikutnya dapat di lihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.33

Tabel Perencanaan Tandon Dengan Menggunakan Kebutuhan Air Bersih Pada Tahun 2031

Jam Ke	Operasi Pompa	Multiplier faktor beban konsumen	Continuous Multipliers	Debit Pompa	Debit Outflow Sebelum Tandon	Net Inflow Pompa	Debit Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow / jam	Volume Outflow / jam	Outflow rata-rata / jam	Volume Komulatif Inflow	Volume Komulatif Outflow	Volume volume Tandon	Volume Air Efektif	Volume Air Total	H Air di Tandon
				lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	
0,00	1	0,25	0,28	21,00	2,87	18	3,23	14,90	53,63	65,25	11,62	12,87	65,25	11,62	53,63	56,00	60,00	3,75
1,00	1	0,31	0,34	21,00	3,49	18	3,92	13,59	48,92	63,04	14,11	15,57	128,29	25,73	102,56	56,00	60,00	3,75
2,00	1	0,37	0,41	21,00	4,21	17	4,73	12,06	43,43	60,45	17,02	19,82	188,74	42,75	145,99	56,00	60,00	3,75
3,00	1	0,45	0,55	21,00	5,59	15	6,28	9,12	32,84	55,46	22,62	29,89	244,21	65,38	178,83	56,00	60,00	3,75
4,00	1	0,64	0,90	21,00	9,19	12	10,32	1,49	5,38	42,53	37,15	45,04	286,74	102,52	184,21	56,00	60,00	3,75
5,00	2	1,15	1,28	38,00	13,09	25	14,70	10,21	36,77	89,69	52,92	56,87	376,43	155,45	220,98	56,00	60,00	3,75
6,00	2	1,4	1,47	38,00	15,04	23	16,89	6,07	21,86	82,67	60,81	62,47	459,09	216,26	242,84	56,00	60,00	3,75
7,00	2	1,53	1,55	38,00	15,86	22	17,81	4,33	15,58	79,71	64,13	62,99	538,81	280,39	258,42	56,00	60,00	3,75
8,00	2	1,56	1,49	38,00	15,29	23	17,18	5,53	19,90	81,75	61,85	59,98	620,55	342,23	278,32	56,00	60,00	3,75
9,00	2	1,42	1,40	38,00	14,37	24	16,14	7,49	26,96	85,07	58,11	56,55	705,63	400,34	305,28	56,00	60,00	3,75
10,00	2	1,38	1,33	38,00	13,60	24	15,28	9,12	32,84	87,84	55,00	53,13	793,47	455,34	338,12	56,00	60,00	3,75
11,00	2	1,27	1,24	38,00	12,68	25	14,24	11,08	39,91	91,17	51,26	49,91	884,64	506,61	378,03	56,00	60,00	3,75
12,00	2	1,2	1,17	38,00	12,01	26	13,49	12,50	45,01	93,57	48,56	48,25	978,20	555,17	423,04	56,00	60,00	3,75
13,00	2	1,14	1,16	38,00	11,85	26	13,32	12,83	46,18	94,12	47,94	48,36	1072,33	603,11	469,22	56,00	60,00	3,75
14,00	2	1,17	1,18	21,00	12,06	9	13,55	-4,61	-16,59	32,18	48,77	49,29	1104,51	651,88	452,63	56,00	60,00	3,75
15,00	2	1,18	1,20	38,00	12,32	26	13,84	11,85	42,65	92,46	49,81	51,16	1196,97	701,69	495,28	39,41	43,41	2,71
16,00	2	1,22	1,27	38,00	12,98	25	14,59	10,43	37,55	90,06	52,51	54,17	1287,03	754,20	532,83	56,00	60,00	3,75
17,00	2	1,31	1,35	38,00	13,80	24	15,51	8,69	31,28	87,10	55,83	55,21	1374,14	810,03	564,11	56,00	60,00	3,75
18,00	2	1,38	1,32	21,00	13,50	8	15,16	-7,66	-27,57	27,01	54,58	50,43	1401,15	864,61	536,54	56,00	60,00	3,75
19,00	1	1,25	1,12	21,00	11,44	10	12,86	-3,30	-11,88	34,40	46,28	39,74	1435,55	910,89	524,66	28,43	32,43	2,03
20,00	1	0,98	0,80	38,00	8,21	30	9,22	20,57	74,03	107,24	33,21	27,71	1542,79	944,10	598,69	16,55	20,55	1,28
21,00	1	0,62	0,54	21,00	5,49	16	6,17	9,34	33,63	55,83	22,21	19,61	1598,62	966,31	632,32	56,00	60,00	3,75
22,00	1	0,45	0,41	21,00	4,21	17	4,73	12,06	43,43	60,45	17,02	14,94	1659,07	983,32	675,75	56,00	60,00	3,75
23,00	1	0,37	0,31	21,00	3,18	18	3,57	14,24	51,28	64,15	12,87	12,24	1723,22	996,19	727,03	56,00	60,00	3,75
24,00	1	0,25	0,28	21,00	2,87	18	3,23	14,90	53,63	65,25	11,62	12,87	1788,47	1007,81	780,66	56,00	60,00	3,75

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

- Data rencana perencanaan menara air dengan ukuran 5m x 5m x 4m

H minimum = 0,250 m

H efektif = 3,5 m

Panjang = 5 m

Lebar = 5 m

H jagaan = 0,25 m

Kebutuhan air rata-rata (Desa Kalianget Timur dan Kalianget Barat) pada tahun 2031 = 11,53 lt/dt

- Contoh perhitungan tandon

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 5 \times 5 = 25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume effektif} &= \text{Luas} \times H_{\text{effektif}} \\ &= 25 \times 3,5 = 87,50 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume mati} = 25 \times 0,25 = 6,25 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{Luas} \times (H_{\text{effektif}} + H_{\text{mati}} + H_{\text{jagaan}}) \\ &= 25 \times (3,5 + 0,25 + 0,25) \\ &= 100 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Outflow} &= \text{Continuous Multiplayer(pada jam 07.00)} \times \text{Kebutuhan} \\ &\quad \text{air rata-rata} \\ &= 17,81 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Inflow} &= \text{Inflow} - \text{Outflow} \\ &= 22 - 17,81 \\ &= 4,33 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Inflow (m}^3/\text{jam}) &= \frac{(\text{Net Inflow} \times 3600)}{1000} \\ &= \frac{(4,33 \times 3600)}{1000} \\ &= 15,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Inflow} &= \frac{\text{Inflow} \times 3600}{1000} \\ &= \frac{22 \times 3600}{1000} \\ &= 79,71 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Outflow} &= \frac{\text{Outflow} \times 3600}{1000} \\ &= \frac{17,81 \times 3600}{1000} \\ &= 64,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Outflow rata-rata/jam} &= \frac{64,13+61,85}{2} \\ &= 62,99 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Komulatif inflow} &= \text{Vol. komulatif inflow jam } 6 + \text{volume inflow jam } 7 \\ &= 459,09 \text{ m}^3 + 79,71 \text{ m}^3 \\ &= 538,81 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Komulatif Outflow} &= \text{Vol. komulatif outflow jam } 6 + \text{volume outflow jam } 7 \\ &= 216,26 \text{ m}^3 + 64,13 \text{ m}^3 \\ &= 280,39 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{Vol. komulatif inflow} - \text{volume komulatif outflow} \\ &= 538,81 \text{ m}^3 + 280,39 \text{ m}^3 \\ &= 258,42 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Volume air eff. Dalam tandon} = 87,50 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air total dalam tandon} &= \text{Volume air eff. Dalam tandon} + \text{Volume Mati} \\ &= 87,50 + 6,25 \\ &= 93,75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Air Dalam Tandon} &= \frac{\text{Volume Air Dalam Tandon}}{\text{Luas}} \\ &= \frac{93,75}{25} \\ &= 3,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk perhitungan jam berikutnya dapat di lihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.34

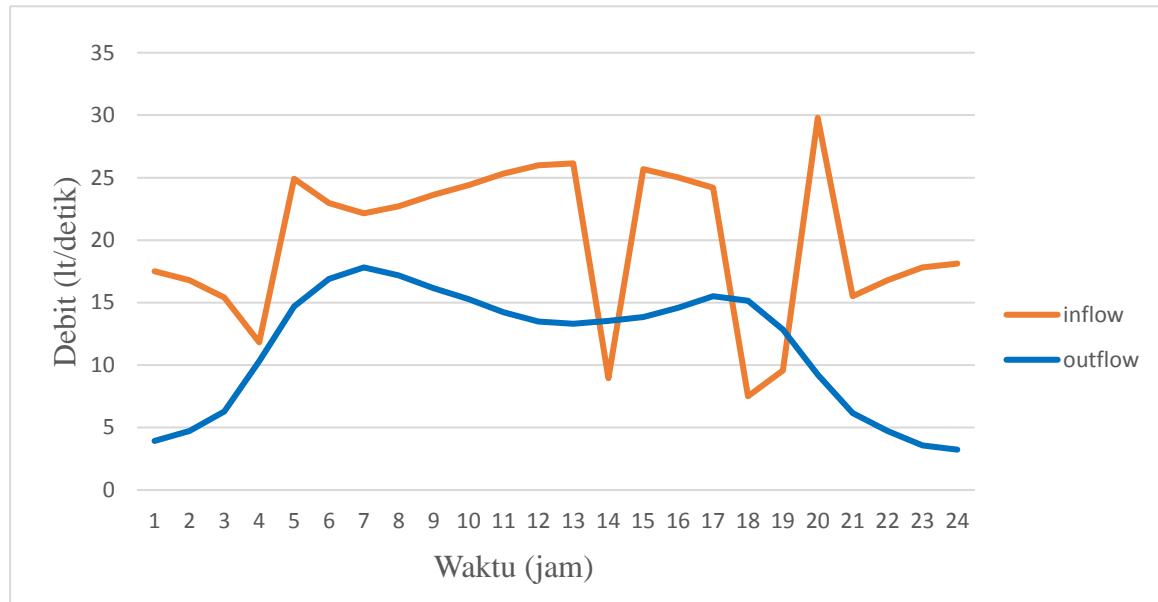
Tabel Perencanaan Tandon Dengan Menggunakan Kebutuhan Air Bersih Pada Tahun 2031

Jam Ke	Operasi Pompa	Multiplier faktor beban konsumen	Continuous Multipliers	Debit Pompa	Debit Outflow Sebelum Tandon	Net Inflow Pompa	Debit Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow / jam	Volume Outflow / jam	Outflow rata-rata / jam	Volume Komulatif Inflow	Volume Komulatif Outflow	Volume Tandon	Volume Air Efektif	Volume Air Total	H Air di Tandon
				lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	lt/detik	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	
0,00	1	0,25	0,28	21,00	2,87	18	3,23	14,90	53,63	65,25	11,62	12,87	65,25	11,62	53,63	87,50	93,75	3,75
1,00	1	0,31	0,34	21,00	3,49	18	3,92	13,59	48,92	63,04	14,11	15,57	128,29	25,73	102,56	87,50	93,75	3,75
2,00	1	0,37	0,41	21,00	4,21	17	4,73	12,06	43,43	60,45	17,02	19,82	188,74	42,75	145,99	87,50	93,75	3,75
3,00	1	0,45	0,55	21,00	5,59	15	6,28	9,12	32,84	55,46	22,62	29,89	244,21	65,38	178,83	87,50	93,75	3,75
4,00	1	0,64	0,90	21,00	9,19	12	10,32	1,49	5,38	42,53	37,15	45,04	286,74	102,52	184,21	87,50	93,75	3,75
5,00	2	1,15	1,28	38,00	13,09	25	14,70	10,21	36,77	89,69	52,92	56,87	376,43	155,45	220,98	87,50	93,75	3,75
6,00	2	1,4	1,47	38,00	15,04	23	16,89	6,07	21,86	82,67	60,81	62,47	459,09	216,26	242,84	87,50	93,75	3,75
7,00	2	1,53	1,55	38,00	15,86	22	17,81	4,33	15,58	79,71	64,13	62,99	538,81	280,39	258,42	87,50	93,75	3,75
8,00	2	1,56	1,49	38,00	15,29	23	17,18	5,53	19,90	81,75	61,85	59,98	620,55	342,23	278,32	87,50	93,75	3,75
9,00	2	1,42	1,40	38,00	14,37	24	16,14	7,49	26,96	85,07	58,11	56,55	705,63	400,34	305,28	87,50	93,75	3,75
10,00	2	1,38	1,33	38,00	13,60	24	15,28	9,12	32,84	87,84	55,00	53,13	793,47	455,34	338,12	87,50	93,75	3,75
11,00	2	1,27	1,24	38,00	12,68	25	14,24	11,08	39,91	91,17	51,26	49,91	884,64	506,61	378,03	87,50	93,75	3,75
12,00	2	1,2	1,17	38,00	12,01	26	13,49	12,50	45,01	93,57	48,56	48,25	978,20	555,17	423,04	87,50	93,75	3,75
13,00	2	1,14	1,16	38,00	11,85	26	13,32	12,83	46,18	94,12	47,94	48,36	1072,33	603,11	469,22	87,50	93,75	3,75
14,00	2	1,17	1,18	21,00	12,06	9	13,55	-4,61	-16,59	32,18	48,77	49,29	1104,51	651,88	452,63	87,50	93,75	3,75
15,00	2	1,18	1,20	38,00	12,32	26	13,84	11,85	42,65	92,46	49,81	51,16	1196,97	701,69	495,28	70,91	77,16	3,09
16,00	2	1,22	1,27	38,00	12,98	25	14,59	10,43	37,55	90,06	52,51	54,17	1287,03	754,20	532,83	87,50	93,75	3,75
17,00	2	1,31	1,35	38,00	13,80	24	15,51	8,69	31,28	87,10	55,83	55,21	1374,14	810,03	564,11	87,50	93,75	3,75
18,00	2	1,38	1,32	21,00	13,50	8	15,16	-7,66	-27,57	27,01	54,58	50,43	1401,15	864,61	536,54	87,50	93,75	3,75
19,00	1	1,25	1,12	21,00	11,44	10	12,86	-3,30	-11,88	34,40	46,28	39,74	1435,55	910,89	524,66	59,93	66,18	2,65
20,00	1	0,98	0,80	38,00	8,21	30	9,22	20,57	74,03	107,24	33,21	27,71	1542,79	944,10	598,69	48,05	54,30	2,17
21,00	1	0,62	0,54	21,00	5,49	16	6,17	9,34	33,63	55,83	22,21	19,61	1598,62	966,31	632,32	87,50	93,75	3,75
22,00	1	0,45	0,41	21,00	4,21	17	4,73	12,06	43,43	60,45	17,02	14,94	1659,07	983,32	675,75	87,50	93,75	3,75
23,00	1	0,37	0,31	21,00	3,18	18	3,57	14,24	51,28	64,15	12,87	12,24	1723,22	996,19	727,03	87,50	93,75	3,75
24,00	1	0,25	0,28	21,00	2,87	18	3,23	14,90	53,63	65,25	11,62	12,87	1788,47	1007,81	780,66	87,50	93,75	3,75

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel diatas pengoperasian pompa menggunakan 5 pompa eksisting yang bekerja secara bergantian. Pompa 1 bekerja dari jam 00.00 WIB – 04.00 WIB, pompa 2 beroperasi pada jam 05.00 WIB – 12.00 WIB, pompa 3 beroperasi pada jam 15.00 WIB – 20.00 WIB sedangkan

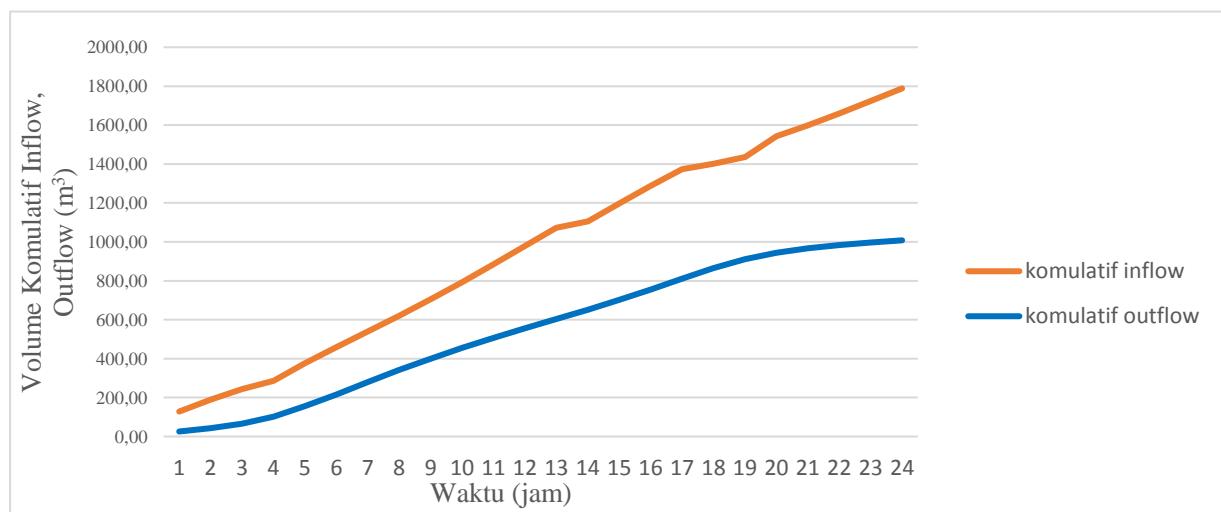
pompa 4 beroperasi pada jam 21.00 WIB – 24.00 WIB dan pompa 5 beroperasi pada jam 05.00 WIB – 13.00 WIB, 15.00 WIB – 17.00 WIB dan 20.00 WIB . Dari 3 perhitungan perencanaan menara air maka ukuran menara air yang digunakan yaitu 5m x 5m 4m. Hal ini di sebabkan karena pada saat di simulasi *WaterCAD v8i* ukuran menara air 3m x 3m x 4m dan 4m x 4m x 4m tidak dapat menampung air karena kapasitas menara air terlalu kecil. Tabel perencanaan tandon diatas dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.6 Grafik Debit

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

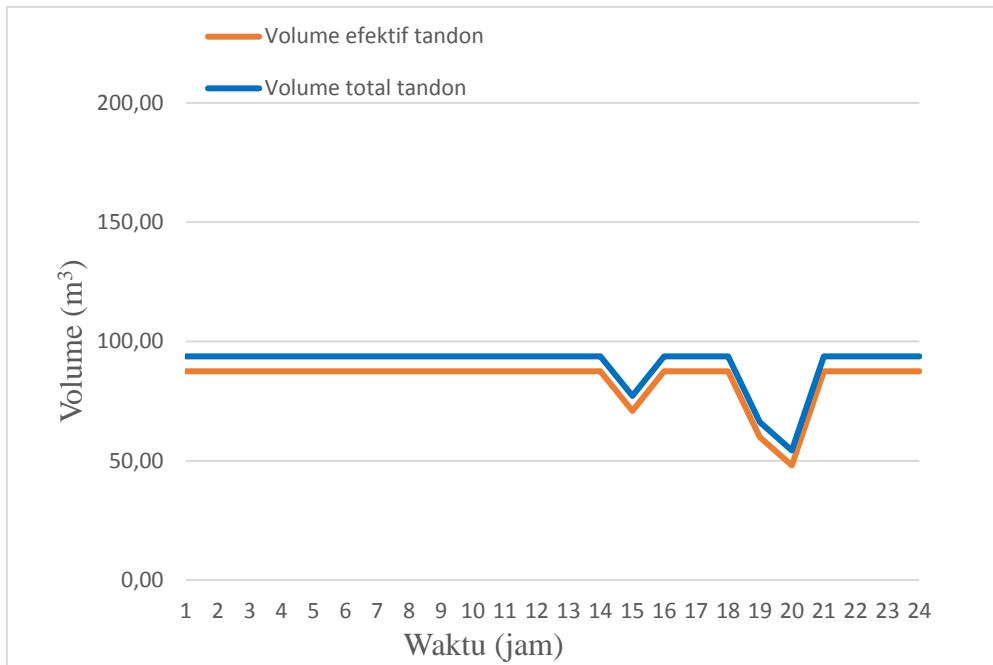
Grafik diatas menunjukkan grafik debit inflow dan outflow yang terjadi di dalam tandon. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa inflow dapat memenuhi kebutuhan debit pada saat jam puncak.



Gambar 4.7 Grafik Volume Komulatif Inflow,Outflow

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

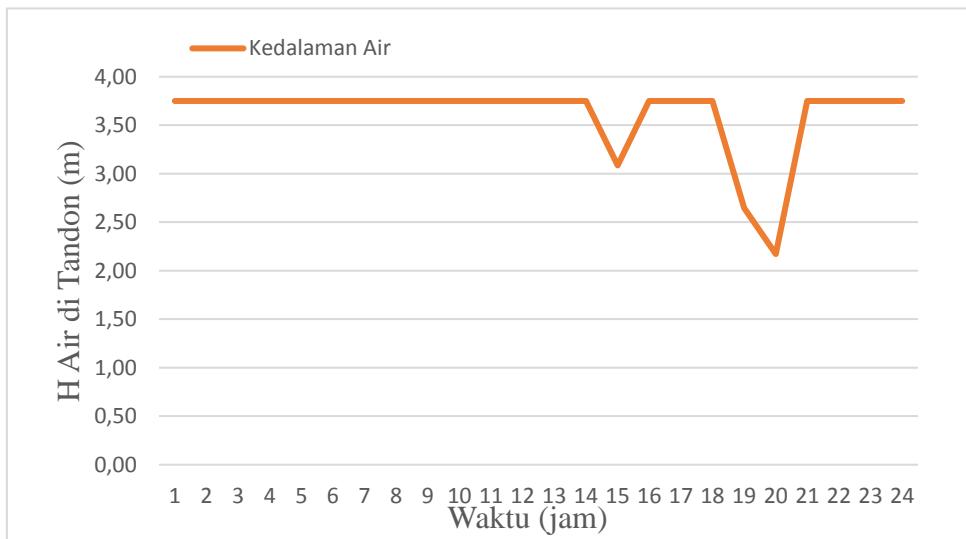
Grafik diatas menunjukkan grafik volume komulatif inflow dan volume komulatif outflow yang terjadi di dalam tandon. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa komulatif inflow debitnya semakin bertambah dengan seiring bertambahnya waktu.



Gambar 4.8 Grafik Volume Efektif Tandon, Volume Total Tandon

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Grafik diatas menunjukkan grafik volume efektif tandon dan volume total tandon yang terjadi di dalam tandon. Dimana dapat di simpulkan bahwa volume efektif tandon lebih kecil daripada volume total tandon.



Gambar 4.9 Tinggi Air di Tandon

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Grafik diatas menunjukkan grafik tinggi air yang terjadi di dalam tandon. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tinggi air di dalam berfluktuasi sesuai dengan pemakaian konsumen.

#### **4.6.3 Perhitungan Perencanaan Pompa**

Pompa adalah suatu alat yang dapat memindahkan fluida dari tempat yang rendah ketempat yang lebih tinggi. Pemilihan pompa dilakukan dengan melihat debit yang tersedia dan head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan daerah yang lebih tinggi.

##### **4.6.3.1 Debit Rencana Pompa**

Debit yang akan direncanakan untuk merencanakan suatu pompa sesuai dengan debit yang tersedia pada sumber. Besarnya debit yang dioperasikan pompa adalah sebagai berikut (Sularso,2000,p.20):

$$QP = Q \times \frac{24}{T}$$

dengan :

QP = debit pemompaan ( $m^3/\text{detik}$ )

Q = debit kebutuhan rata-rata ( $m^3/\text{detik}$ )

T = jumlah kerja aliran yang direncanakan

$$\begin{aligned} QP &= 12 \times \frac{24}{12} \\ &= 24 \text{ liter/detik} \\ &= 0,024 m^3/\text{detik} \\ &= 86,4 m^3/\text{jam} \end{aligned}$$

##### **4.6.3.2 Kehilangan Tinggi Mayor**

Kehilangan tinggi mayor disebabkan oleh terjadinya gesekan di dalam pipa dengan menggunakan rumus (2-11) dibawah ini:

$$\text{Debit (Q)} = 0,012 (m^3/\text{detik})$$

$$\text{Panjang Pipa (L)} = 2233 \text{ m}$$

$$\text{Koefisien kekasaran pipa (Chw)} = 150$$

$$\text{Diameter pipa (D)} = 0,101 \text{ m}$$

$$Zb = 3,79 \text{ m}$$

Berdasarkan data diatas maka kehilangan tinggi mayor adalah:

$$\begin{aligned} hf &= k \cdot Q^{1,85} \\ k &= \frac{10,675 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{10,675 \cdot 2233}{150^{1,85} \cdot 0,101^{4,87}} \\
 &= 158488 \\
 hf &= 44,31 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.3.3 Kehilangan Tinggi Minor

Kehilangan tinggi minor disebabkan oleh terjadinya perubahan pipa, dan adanya belokan menggunakan rumus (2-13) dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 0,012 (\text{m}^3/\text{detik}) \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= 0,101 \text{ m} \\
 \text{Koefisien kehilangan minor} &= 0,8 (\text{belokan } 90^\circ)
 \end{aligned}$$

$$h_{Lm} = k \frac{v^2}{2g}$$

Dengan :

- $h_{Lm}$  = kehilangan tinggi tekan minor (m)
- K = koefisien kontraksi
- V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/detik)
- g = percepatan gravitasi (m/detik)

Berdasarkan data diatas maka kehilangan tinggi minor adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{3,14 \times 0,101^2}{4} \\
 A &= 0,018 \text{ m}^2 \\
 &= \frac{0,012}{0,018} \\
 V &= 0,661 \text{ m}^2/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai kehilangan tinggi minornya adalah:

$$\begin{aligned}
 h_{Lm} &= k \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,8 \times \frac{0,661^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

➤ Head Total Pompa

Berdasarkan perhitungan diatas maka head total pompa dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h_p &= h_f + h_{Lm} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g} \\
 &= 44,31 + 0,02 + 3,79 + \frac{0,661^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 48,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan hidrolik pompa tersebut maka dibutuhkan head pompa sebesar 48,30 m untuk dapat mengalirkan kapasitas debit sebesar 12 liter/detik.

Pada studi ini menggunakan booster pump yang berfungsi hanya untuk menaikkan tekanan di daerah yang lebih tinggi.

➤ Perhitungan Daya Pompa

$$P = 0,746 \cdot \frac{\gamma_w \cdot Q \cdot H}{e \cdot 75}$$

Dimana : P = Daya pompa (kW)

$\gamma_w$  = Berat jenis benda persatuan volume

Q = Debit pemompaan 0,012 m<sup>3</sup>/dtk

H = 47,35 m

e = Efisiensi pompa menggunakan 75% sesuai  
dengan Permen PU, 2007

Maka :

$$P = 0,746 \cdot \frac{1000 \cdot 0,012 \cdot 48,30}{0,75 \cdot 75}$$

$$= 7,686 \text{ kW}$$

Pada skripsi ini pompa yang digunakan adalah pump booster atau pompa penambah tekanan. Penggunaan pompa ini untuk mencukupi tekanan pada saat jam puncak. Di bawah ini merupakan gambar pump booster.



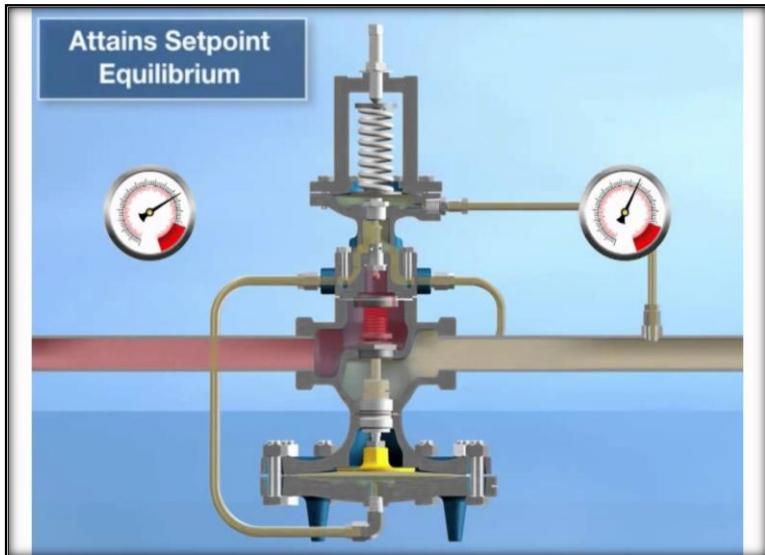
Gambar 4.10 Booster Pump

Sumber: [www.lukesindonesia.com](http://www.lukesindonesia.com)

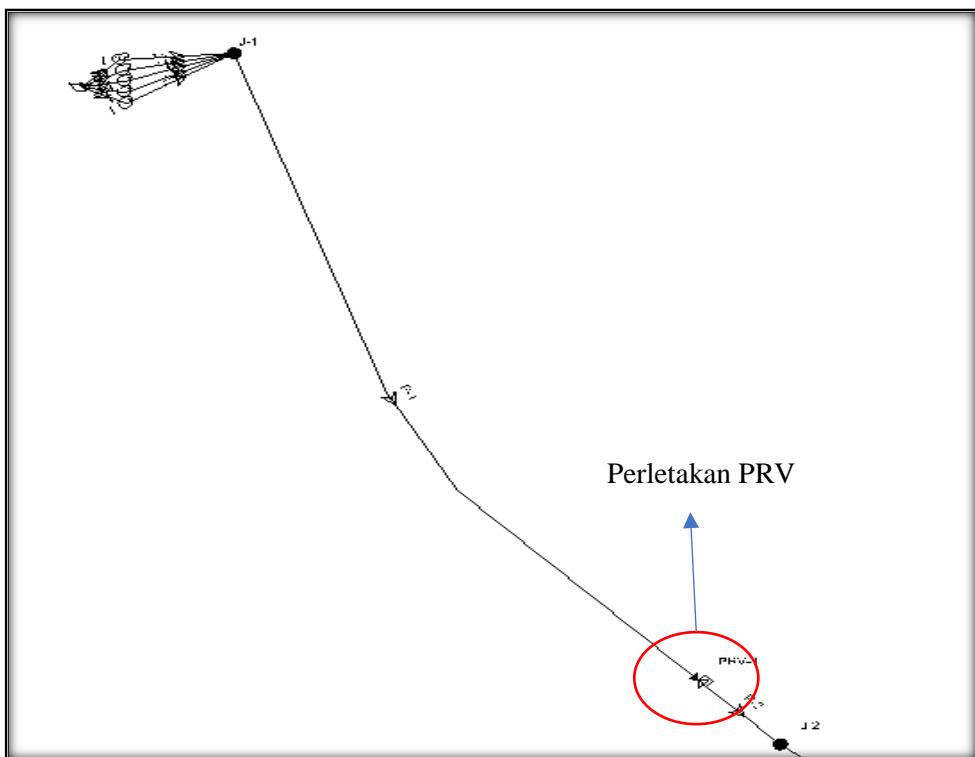
#### 4.6.4 Penambahan *Pressure Reducer Valve (PRV)*

Pada perencanaan pengembangan distribusi air bersih di daerah Kecamatan Kaliangget Timur dan Kecamatan Kaliangget Barat tekanan pada pipa sebelum menara air setelah dilakukan simulasi menggunakan program *WaterCAD V8i*, tekanan yang melawati pipa melebihi kriteria yang telah ditentukan. Untuk mengurangi tekanan yang melebihi kriteria maka dilakukan dengan penambahan *pressure reducer*. Tujuan dari penambahan *pressure reducer valve (PRV)* yaitu untuk mengurangi tekanan didalam pipa karena semakin tinggi

tekanan dapat merusak pipa distribusi air bersih dan komponen – komponen pipa. *Pressure reducer valve (PRV)* di tambahkan pada pipa sebelum menara air sehingga tekanan menjadi lebih kecil setelah melewati *pressure reducer valve (PRV)*.



Gambar 4.11 PRV Type Pilot Operated  
Sumber: [www.prvpilotoperated.com](http://www.prvpilotoperated.com)



Gambar 4.12 Perletakan PRV  
Sumber: Program WaterCAD V8i

#### 4.7 Analisis Simulasi Tidak Permanen Pada Jaringan Pipa Pada Tahun 2031

Perencanaan pengembangan pada tahun 2031 yaitu dengan menambah jaringan sepanjang 1.125 m pada daerah Kaliangget Timur. Pada tahap penambahan jaringan pipa yang digunakan adalah pipa PVC dengan diameter 4 inchi. Dari hasil simulasi program

*WaterCAD v8i* tahap pengembangan terdapat beberapa pipa yang tidak sesuai dengan kriteria yang tidak bisa dipakai pada tahap pengembangan.

Di bawah ini tabel pipa yang mengalami perubahan diameter adalah sebagai berikut ini :

Tabel 4.35  
Perubahan Diamater Pipa Pada Tahap Pengembangan

No. Pipa	Diameter Lama	Diameter Baru
P-1	8"	10"
P-2	8"	10"
P-3	8"	10"
P-4	8"	10"
P-5	8"	10"
P-6	8"	10"
P-7	8"	10"
P-8	8"	10"
P-9	6"	3"
P-12	6"	4"
P-23	4"	2,5"
P-29	6"	3"
P-32	6"	3"
P-33	6"	3"
P-53	8"	6"
P-54	8"	6"
P-56	8"	6"
P-57	8"	6"
P-58	8"	4"
P-59	8"	4"
P-60	8"	4"
P-61	8"	4"
P-62	8"	4"
P-63	6"	4"

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

Untuk penambahan pipa baru dilakukan di daerah Kalianget Timur sepanjang 1.125 m dengan menggunakan jenis pipa PVC. Berikut ini tabel pemasangan pipa baru :

Tabel 4.36  
Penambahan Jaringan Distribusi Air Bersih Pada Tahap Pengembangan

No Pipa	Panjang m	Diameter inch	Material
P-64	216	4"	PVC
P-65	309	4"	PVC
P-66	214	4"	PVC
P-67	218	4"	PVC
P-68	168	4"	PVC

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017

#### 4.7.1 Analisis Simulasi Headloss Gradient dan Kecepatan Tidak Permanen Pada Jaringan Pipa Pada Tahun 2031

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui kriteria aliran di dalam pipa. Pada kondisi pengembangan akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan salah satu pipa yaitu pipa P-51.

➤ Contoh Perhitungan *headloss gradient* pada pipa P-51 pada jam 07.00:

Diketahui:

Panjang Pipa : 152 m

$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$  : 11,53 l/detik

$$\begin{aligned} Q_{\text{Outflow}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Load factor (07.00)} \\ &= 11,53 \times 1,53 \\ &= 17,64 \text{ l/det} \\ &= 0,01764 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$Chw$  : 150

Diameter pipa : 8 inch = 0,2032 m

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} Hf &= k \cdot Q^{1,85} \\ k &= \frac{10,7 \times L}{Chw^{1,85} \times D^{4,87}} \\ &= \frac{10,7 \times 152}{150^{1,85} \times 0,2032^{4,87}} \\ &= 359,6417 \end{aligned}$$

Dari nilai k tersebut maka di peroleh nilai kehilangan tinggi tekan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Hf &= k \cdot Q^{1,85} \\ &= 359,6417 \cdot 0,01764^{1,85} \\ &= 0,205065 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss gradient =  $hf / L$

$$\begin{aligned} &= 0,205065 / 152 \\ &= 0,001349 \text{ m/m} \\ &= 1,349 \text{ m/km} \end{aligned}$$

Tabel 4.37

Hasil Evaluasi *Headloss Gradient* dalam Pipa Distribusi P-51 Saat Kondisi Pengembangan selama 24 jam

Jam	Debit L/s	Syarat Headloss Gradient m/km	Headloss Gradient m/km
0	3.23	0-15	0.057
1	3.92	0-15	0.082

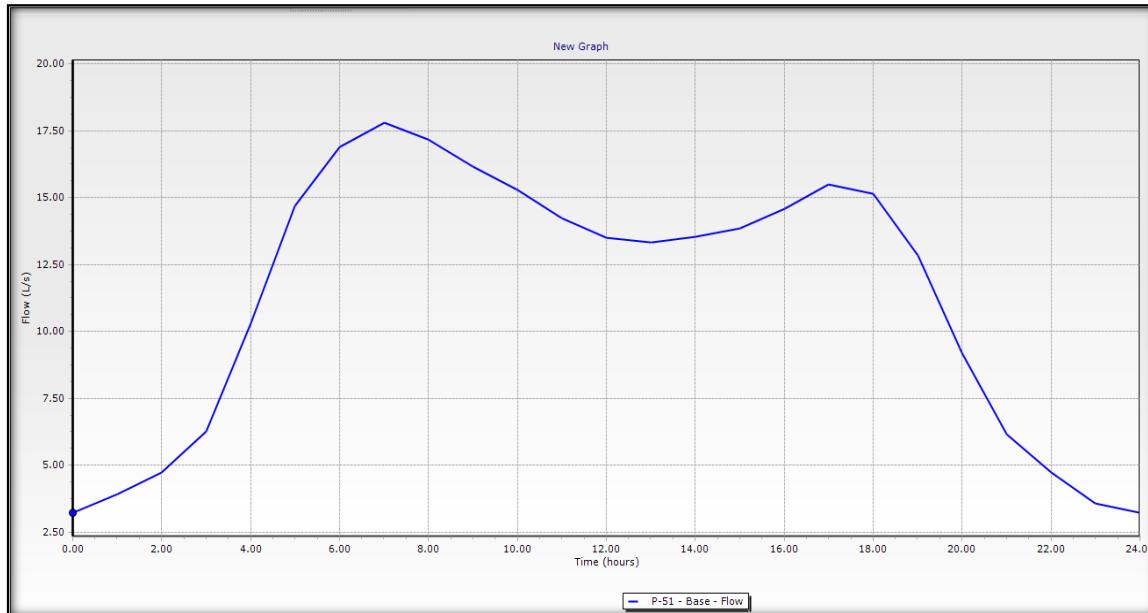
## Lanjutan Tabel 4.37

Hasil Evaluasi Headloss Gradient dalam Pipa Distribusi P-51 Saat Kondisi Pengembangan selama 24 jam

Jam	Debit L/s	Syarat Headloss Gradient	Headloss Gradient
		m/km	m/km
2	4.73	0-15	0.115
3	6.28	0-15	0.196
4	10.32	0-15	0.490
5	14.70	0-15	0.944
6	16.89	0-15	1.221
7	17.81	0-22	1.347
8	17.18	0-15	1.260
9	16.14	0-15	1.122
10	15.28	0-15	1.014
11	14.24	0-15	0.890
12	13.49	0-15	0.805
13	13.32	0-15	0.786
14	13.55	0-15	0.811
15	13.84	0-15	0.844
16	14.59	0-15	0.930
17	15.51	0-15	1.042
18	15.16	0-15	0.999
19	12.86	0-15	0.736
20	9.22	0-15	0.398
21	6.17	0-15	0.189
22	4.73	0-15	0.115
23	3.57	0-15	0.069
24	3.23	0-15	0.057

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi program *WaterCAD V8i headloss gradient* selama 24 jam pipa distribusi memenuhi kriteria. *Headloss Gradient* tertinggi terjadi pada jam 07.00 pagi yaitu 1,347 m dan *headloss gradient* terendah terjadi pada jam 00.00 yaitu 0,057 m. Hal itu di sebabkan pada saat jam 7 pagi merupakan jam puncak dimana kebutuhan air menjadi meningkat. Semakin besar debit yang melewati suatu pipa maka *headloss gradient* semakin besar begitu juga sebaliknya. Berikut ini *headloss gradient* dapat disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini :



Gambar 4.13 Grafik Fluktuasi Headloss Gradient P-51

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

➤ Contoh Perhitungan kecepatan pada pipa P-51 pada jam 07.00:

$$V_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54}$$

$$\begin{aligned} S_f &= Hf / L \\ &= 0,205065 / 152 \\ &= 0,001349 \text{ m/m} \\ R_i &= D/4 \\ &= 0,203 / 4 \\ &= 0,0508 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_i &= 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54} \\ &= 0,85 \cdot 150 \cdot (0,0508)^{0,63} \cdot (0,001349)^{0,54} \\ &= 0,550 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kecepatan pada pipa distribusi air bersih P-51 memiliki nilai yang sama dengan hasil program WaterCAD V8i. Di bawah ini adalah tabel kecepatan pipa P-51 selama 24 jam.

Tabel 4.38

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi P-51 Saat Kondisi Pengembangan selama 24 jam

Jam	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
0	0,1-2,5	0,10	Memenuhi
1	0,1-2,5	0,12	Memenuhi
2	0,1-2,5	0,15	Memenuhi
3	0,1-2,5	0,19	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.38

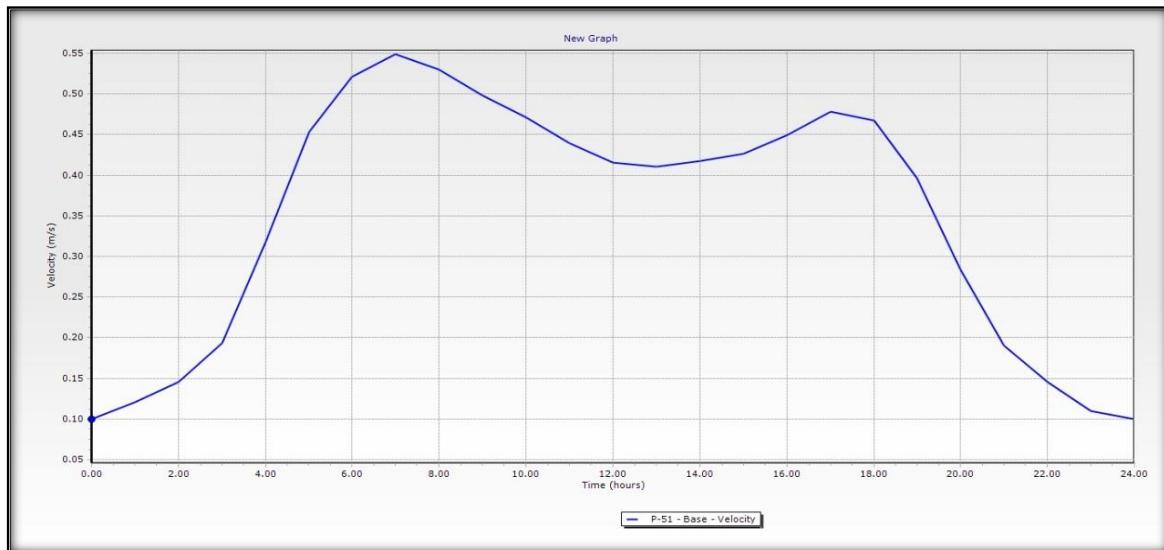
Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi P-51 Saat Kondisi Pengembangan selama 24 jam

Jam	Syarat kecepatan	Kecepatan	Keterangan
	m/s	m/s	
4	0,1-2,5	0.32	Memenuhi
5	0,1-2,5	0.45	Memenuhi
6	0,1-2,5	0.52	Memenuhi
7	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
8	0,1-2,5	0.53	Memenuhi
9	0,1-2,5	0.50	Memenuhi
10	0,1-2,5	0.47	Memenuhi
11	0,1-2,5	0.44	Memenuhi
12	0,1-2,5	0.42	Memenuhi
13	0,1-2,5	0.41	Memenuhi
14	0,1-2,5	0.42	Memenuhi
15	0,1-2,5	0.43	Memenuhi
16	0,1-2,5	0.45	Memenuhi
17	0,1-2,5	0.48	Memenuhi
18	0,1-2,5	0.47	Memenuhi
19	0,1-2,5	0.40	Memenuhi
20	0,1-2,5	0.28	Memenuhi
21	0,1-2,5	0.19	Memenuhi
22	0,1-2,5	0.15	Memenuhi
23	0,1-2,5	0.11	Memenuhi
24	0,1-2,5	0.10	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Kecepatan pada pipa distribusi P-51 selama 24 jam memenuhi kriteria kecepatan. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat jam puncak yaitu pada pukul 07.00 dengan kecepatan 0,55 m/s namun pada jam 00.00 kecepatan menjadi kecil yaitu kecepatan 0,1 m/s.

Berikut ini kecepatan distribusi air bersih pada P-51 dapat disajikan pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.14 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-51

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Untuk mengetahui semua pipa memenuhi syarat kriteria kecepatan maka dilakukan simulasi dengan menggunakan *Program WaterCad V8i*. Berikut ini contoh hasil simulasi nilai kecepatan pada tahap pengembangan 2031 pada pukul 07.00 dengan bantuan *Program WaterCad V8i*:

Tabel 4.39

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi Saat Kondisi Pengembangan saat pukul 07.00

Label	Diamater	Material	Hazzen	Syarat	Kecepatan	Keterangan
	in		Williams	C		
P-1	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-2	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-3	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-4	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-5	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-6	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-7	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-8	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-9	3.0	PVC	150	0,1-2,5	0.66	Memenuhi
P-10	8.0	PVC	150	0,1-2,5	1.04	Memenuhi
P-11	8.0	PVC	150	0,1-2,5	1.04	Memenuhi
P-12	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-13	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-14	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-15	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.39

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi Saat Kondisi Pengembangan saat pukul 07.00

Label	Diamater	Material	Hazzen Williams	Syarat kecepatan	Kecepatan	Keterangan
	in		C	m/s	m/s	
P-16	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-17	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-18	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-19	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-20	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-21	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-22	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.90	Memenuhi
P-23	2.5	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-24	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.84	Memenuhi
P-25	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.84	Memenuhi
P-26	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.84	Memenuhi
P-27	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.84	Memenuhi
P-28	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.84	Memenuhi
P-29	3.0	PVC	150	0,1-2,5	0.80	Memenuhi
P-30	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-31	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.73	Memenuhi
P-32	3.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-33	3.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-34	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-35	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-36	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-37	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-38	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-39	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-40	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-41	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-42	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.65	Memenuhi
P-43	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-44	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-45	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-46	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-47	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-48	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-49	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-50	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-51	8.0	PVC	150	0,1-2,5	0.55	Memenuhi
P-52	6.0	PVC	150	0,1-2,5	0.46	Memenuhi
P-53	6.0	PVC	150	0,1-2,5	0.52	Memenuhi
P-54	6.0	PVC	150	0,1-2,5	0.52	Memenuhi
P-55	6.0	PVC	150	0,1-2,5	0.52	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.39

Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi Saat Kondisi Pengembangan saat pukul 07.00

Label	Diameter	Material	Hazzen Williams	Syarat kecepatan	Kecepatan	Keterangan
	in		C	m/s	m/s	
P-56	6.0	PVC	150	0,1-2,5	0.52	Memenuhi
P-57	6.0	PVC	150	0,1-2,5	0.52	Memenuhi
P-58	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-59	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-60	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-61	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-62	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-63	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-64	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-65	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-66	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-67	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.58	Memenuhi
P-68	4.0	PVC	150	0,1-2,5	0.00	Pompa
P-69	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.59	Memenuhi
P-70	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.40	Memenuhi
P-71	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.00	Pompa
P-72	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.00	Pompa
P-73	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.33	Memenuhi
P-74	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.00	Memenuhi
P-75	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.40	Memenuhi
P-76	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.00	Pompa
P-77	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.00	Pompa
P-78	10.0	PVC	150	0,1-2,5	0.33	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

Selain nilai *headloss gradient* dan nilai kecepatan, hal yang perlu di perhatikan dalam distribusi air bersih yaitu nilai tekanan suatu simpul di suatu pipa. Tekanan titik simpul di pengaruhi oleh elevasi dan pompa. Berikut ini merupakan contoh tabel titik simpul pada J-48:

Tabel 4.40

Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Distribusi J-48 Saat Kondisi Pengembangan pada pukul 07.00

Jam	Syarat Tekanan		Keterangan
	atm	atm	
0	0,5-8	3	Memenuhi
1	0,5-8	3	Memenuhi
2	0,5-8	3	Memenuhi
3	0,5-8	3	Memenuhi

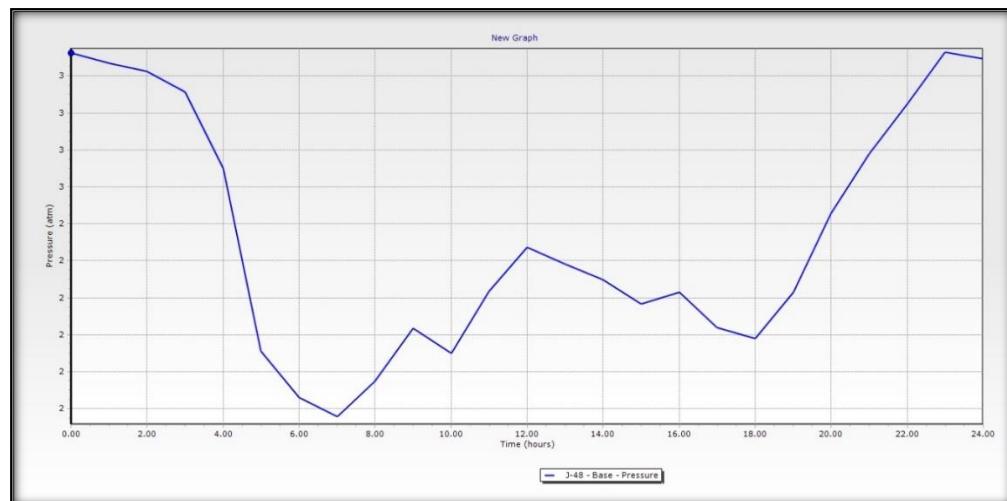
## Lanjutan Tabel 4.40

Hasil Evaluasi Tekanan dalam Pipa Distribusi J-48 Saat Kondisi Pengembangan pada pukul 07.00

Jam	Syarat Tekanan	Tekanan	Keterangan
	atm	atm	
4	0,5-8	3	Memenuhi
5	0,5-8	2	Memenuhi
6	0,5-8	2	Memenuhi
7	0,5-8	2	Memenuhi
8	0,5-8	2	Memenuhi
9	0,5-8	2	Memenuhi
10	0,5-8	2	Memenuhi
11	0,5-8	2	Memenuhi
12	0,5-8	2	Memenuhi
13	0,5-8	2	Memenuhi
14	0,5-8	2	Memenuhi
15	0,5-8	2	Memenuhi
16	0,5-8	2	Memenuhi
17	0,5-8	2	Memenuhi
18	0,5-8	2	Memenuhi
19	0,5-8	2	Memenuhi
20	0,5-8	2	Memenuhi
21	0,5-8	3	Memenuhi
22	0,5-8	3	Memenuhi
23	0,5-8	3	Memenuhi
24	0,5-8	3	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai tekanan pada tahap pengembangan selama 24 jam memenuhi kriteria syarat tekanan. Berikut ini merupakan grafik tekanan pada pipa J-48 selama 24 jam:



Gambar 4.15 Grafik Tekanan J-48

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

#### 4.8 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah biaya yang diperoleh dari biaya konstruksi yang akan dibangun sehingga rencana anggaran biaya ini dapat dijadikan acuan pelaksanaan pekerjaan pengembangan jaringan distribusi air bersih di Kabupaten Sumenep. Rencana Anggaran Biaya ini diperoleh dari Standar Satuan Harga Kabupaten Sumenep Tahun 2017.

Dalam pengembangan jaringan distribusi air bersih di Sumber Taman Lake', rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan pekerjaan pipa, penambahan bangunan menara air dan memperhitungkan biaya OP eksisting dalam menetukan harga air. Berikut ini adalah rencana anggaran biaya yang disajikan dalam tabel 4.41-

Tabel 4.41

Rekapitulasi Pekerjaan Pipa pada Tahap Pengembangan

No	Uraian	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
<b>A Pengadaan Pipa &amp; Aksesoris Pipa</b>				
1	Pengadaan Pipa PVC 4 inch	281	m	Rp376.973
2	Socket PVC 4 inch	70	bah	Rp42.600
3	Elbow 90° PVC 4 inch	1	bah	Rp103.600
4	Pressure Reducing Valve	1	bah	Rp1.020.216
5	Booster Pump	1	bah	Rp4.750.782
Jumlah				Rp114.893.511
<b>B Pekerjaan Finishing</b>				
1	Galian Tanah	281,25	m³	Rp71.600
2	Pengurugan Kembali	225	m³	Rp51.200
3	Pengurugan Pasir Urug	56,25	m³	Rp244.280
Jumlah				Rp45.398.250
Total				Rp160.291.761

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.42

Rekapitulasi Pekerjaan Pergantian Pipa Eksisting

No	Uraian	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
<b>A Pengadaan Pipa &amp; Aksesoris Pipa</b>				
1	Pengadaan Pipa PVC 10 inch	400	m	1.704.384
2	Pengadaan Pipa PVC 6 inch	188	m	771.610
3	Pengadaan Pipa PVC 4 inch	404	m	381.845
4	Pengadaan Pipa PVC 3 inch	357	m	268.113
5	Pengadaan Pipa PVC 2,5 inch	75	m	176.703
6	Socket PVC 10 inch	100	m	337.200
7	Socket PVC 6 inch	47	m	115.700
8	Socket PVC 4 inch	101	m	42.600
9	Socket PVC 3 inch	89	m	21.900
10	Socket PVC 2,5 inch	19	bah	13.100
11	Reducer Socket Rucika AW 10" x 8"	1	bah	329.000
12	Reducer Socket Rucika D-DT 8" x 6"	1	bah	88.000
13	Reducer Socket Rucika D-DT 6" x 4"	1	bah	40.000
14	Reducer Socket Rucika D-DT 4" x 3"	3	bah	14.500
15	Reducer Socket Rucika D-DT 4" x 2,5"	1	bah	13.800
16	Tee Reducer Rucika D-DT 8" x 4 "	5	bah	105.000

Lanjutan Tabel 4.42  
Rekapitulasi Pekerjaan Pergantian Pipa Eksisting

No	Uraian	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
17	Tee PVC Maspion 6" x 6"	1	buah	77.200
18	Tee PVC Maspion 4" x 4 "	1	buah	20.400
	Jumlah			Rp1.137.593.574,59
<b>B</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>			
1	Galian Tanah	2.039	m <sup>3</sup>	2300,01875
2	Pengurugan Kembali	1.610	m <sup>3</sup>	56600
3	Pengurugan Pasir Urug	429	m <sup>3</sup>	247.760
	Jumlah			Rp202.129.061,24
	Total			Rp1.339.722.635,82

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.43  
Rekapitulasi Pekerjaan Menara air

No	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
<b>PENGADAAN TANDON</b>					
<b>A Pekerjaan Persiapan</b>					
1	Pemebersihan Lapangan Pengukuran dan Pemasangan	25	m <sup>2</sup>	Rp13.300	Rp332.500
2	Bouwplank	4	m	Rp15.379	Rp61.517
	<b>Jumlah</b>				Rp394.017
<b>B Pekerjaan Tanah</b>					
1	Galian Tanah	0,9	m <sup>3</sup>	Rp63.350	Rp57.015
2	Pemadatan Tanah 1m3 per 20cm	0,15	m <sup>3</sup>	Rp45.700	Rp6.855
3	Pembuangan Tanah Sejauh 30m	0,9	m <sup>3</sup>	Rp27.770	Rp24.993
	<b>Jumlah</b>				Rp88.863
<b>C Pekerjaan Pondasi dan Beton</b>					
1	pondasi beton 1m3 K-150	1,5	m <sup>3</sup>	Rp4.481.941	Rp6.722.912
2	Pengcoran Kolom 1m3 K-300 Pengcoran Plat Beton 1m3 K-	5	m <sup>3</sup>	Rp8.494.713	Rp42.473.565
3	200 (bawah) Pengecoran Plat Beton 1m3 K-	8,0208	m <sup>3</sup>	Rp5.587.947	Rp44.819.805
3	150 (atas)	2,5	m <sup>3</sup>	Rp5.587.947	Rp13.969.868
5	Pengcoran Dinding Beton K-200 Pekerjaan Rabat Beton	16	m <sup>3</sup>	Rp1.543.198	Rp24.691.168
6	1pc;3pb;5kr	0,15	m <sup>3</sup>	Rp1.123.365	Rp168.505
7	Pengurugan Pasir urug	0,3	m <sup>3</sup>	Rp179.700	Rp53.910
				Rp6.534.5	
8	Pengcoran Balok Beton k-300	5,17	m <sup>3</sup>	Rp1.123.387	Rp33.783.815
	<b>Jumlah</b>				Rp132.899.732
<b>D Pekerjaan Lain-Lain</b>					
1	Pipa inlet PVC 8"	0,29	m	Rp1.123.365	Rp325.776
2	Pipa Outlet PVC 8"	0,18	m	Rp1.123.365	Rp202.206
3	Pipa Overflow PVC 4"	1,25	m	Rp349.600	Rp437.000
4	Pipa Penguras PVC 4"	1,25	m	Rp349.600	Rp437.000

Lanjutan Tabel 4.43  
Rekapitulasi Pekerjaan Menara air

No	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
5	Manhole 100 X 100 cm besi	1	bah	Rp850.000	Rp850.000
6	Pipa ventilasi 4"	1	bah	Rp31.775	Rp31.775
7	Tangga Besi Galvaniz	2,5	m2	Rp360.000	Rp900.000
8	Pagar Besi Galvaniz	6,6	m3	Rp350.000	Rp2.310.000
<b>Jumlah</b>				Rp3.183.756	
			<b>Total</b>		<b>Rp136.566.369</b>

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

#### 4.8.1 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pengembangan Distribusi Air Bersih

Tabel rencana anggaran biaya pengembangan distribusi air bersih Sumber Taman Lake' terdiri dari pekerjaan pipa dan pekerjaan tandon. Dibawah ini merupakan tabel rencana anggaran biaya pengembangan distribusi air bersih.

Tabel 4.44

Rencana Anggaran Biaya Pengembangan Distribusi Air Bersih

No	Uraian Kegiatan	Total Harga
1	Pengadaan Pipa dan Aksesoris Pipa	Rp1.500.014.396
2	Pengadaan dan Pekerjaan Menara Air	Rp136.566.369
<b>Total</b>		<b>Rp1.636.580.765</b>
<b>PPN 10%</b>		<b>Rp163.658.076</b>
<b>Total + PPN 10%</b>		<b>Rp1.800.238.841</b>

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Rencana anggaran biaya pada tahap pengembangan sebesar Rp1.636.580.765 dengan besar PPN sebesar 10% sehingga total biaya renacana anggaran pada tahap pengembangan sebesar Rp1.800.238.841.

#### 4.9 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi digunakan untuk proses pengambilan keputusan dari berbagai alternatif untuk memperoleh hasil yang menguntungkan dalam pelaksanaan suatu pekerjaan. Perhitungan Analisa ekonomi terdiri dari perhitungan Analisa biaya, Analisa manfaat. Parameter-parameter yang digunakan untuk Analisa ekonomi yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* (IRR), *Analisa Payback* (Payback Period) dan *Analisa Sensitivitas*.

##### 4.9.1 Analisa Biaya

###### 4.9.1.1 Biaya Langsung (Direct Cost)

Biaya langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan. Biaya langsung dapat diperoleh dengan mengalikan volume suatu pekerjaan dengan harga satuan. Harga satuan terdiri dari harga upah, upah buruh, harga bahan dll.

Tabel 4.45  
Biaya Konstruksi Distribusi Air Bersih Sumber Taman lake'

No	Uraian Kegiatan	Total Harga
1	Pengadaan Pipa dan Aksesoris Pipa	Rp1.500.014.396
2	Pengadaan dan Pekerjaan Menara Air	Rp136.566.369
	<b>Total</b>	Rp1.636.580.765
	<b>PPN 10%</b>	Rp163.658.076
	<b>Total + PPN 10%</b>	Rp1.800.238.841

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Berdasarkan tabel diatas, biaya konstruksi distribusi air bersih pada saat pengembangan maka diperoleh nilai total sebesar Rp1.800.238.841

#### 4.9.1.2 Biaya Tak Langsung (Indirect Cost)

Biaya tak langsung adalah biaya yang tidak berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan namun biaya ini harus ada dan tidak dapat dipisahkan dari suatu pekerjaan/proyek. Biaya tak langsung terdiri dari biaya konsultan/pengawas (5% dari biaya konstruksi), biaya administrasi (2,5% dari biaya konstruksi), dan biaya tak terduga (5% dari biaya konstruksi).

- Biaya konsultan/ pengawas = 5% x biaya konstruksi  
= 5% x Rp1.636.580.765  
= Rp 81.829.038
- Biaya administrasi = 2,5% x biaya konstruksi  
= 2,5 % x Rp1.636.580.765  
= Rp 40.914.519
- Biaya tak terduga = 5 % x biaya konstruksi  
= 5 % x Rp1.636.580.765  
= Rp 81.829.038

Selanjutnya perhitungan biaya tidak langsung dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.46  
Biaya Konstruksi Tidak Langsung pada Pengembangan Distribusi Air Bersih Sumber Taman lake'

No	Uraian Kegiatan	Total Harga (Rp)
1	Biaya Konstruksi	Rp1.636.580.765
2	Biaya Administrasi (2,5%)	Rp40.914.519
3	Biaya Konsultan Pengawas (5%)	Rp81.829.038
4	Biaya Tak Terduga(5%)	Rp81.829.038
	Total	Rp1.841.153.361
	PPN 10%	Rp184.115.336
	<b>Total + PPN 10%</b>	Rp2.025.268.697

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel biaya konstruksi tidak langsung diatas digunakan dalam penentuan besarnya biaya modal tahunan yang dikalikan dengan faktor bunga menurut Bank Indonesia. Bunga yang digunakan adalah 4,5% pada November 2017. Perhitungan biaya modal tahunan disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4.47  
Biaya Modal Tahunan

Tahun	Biaya (Rp)	Faktor Konversi	Biaya Pertahun
2017	Rp2.025.268.697	(F/P), 4,5,1)	1,045
2018	Rp2.025.268.697	(A/P), 4,5,15)	0,093

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Berdasarkan tabel diatas maka contoh perhitungan biaya modal tahunan adalah sebagai berikut:

- Biaya modal tahunan = Rp2.025.268.697
  - (F/P),4,5,1) = 1,045 (tabel bunga 4,5% )
  - (A/P),4,5,15) = 0,093 (tabel bunga 4,5% )
- Biaya pertahun = biaya modal tahunan x (F/P), 4,5,1) x (A/P), 4,5,15)  
= Rp2.025.268.697x 1,045 x 0,093  
= Rp196.825.738

#### 4.9.1.3 Annual Cost

Biaya tahunan adalah biaya yang dikeluarkan oleh investor setiap tahunnya. Biaya tahunan ini dikeluarkan selama umur rencana proyek yang sesuai dengan perhitungan perencanaan pekerjaan.

Tabel 4.48

Biaya Operasional dan Pemeliharaan Sumber Taman Lake'

<b>Biaya Operasional dan Pemeliharaan</b>					
<b>A</b>	<b>Eksisting Sumber Taman Lake'</b>				
No	URAIAN PEKERJAAN	Jumlah	Waktu(Bulan)	HARGA SATUAN	JUMLAH
	<b>Honor</b>				
1	Petugas Lapangan	3	12	Rp1.500.000	Rp54.000.000
	<b>Biaya Operasional</b>				
1	Listrik	41070	12	Rp1.367	Rp673.850.275
2	Oli	1	12	Rp85.000	Rp1.020.000
3	Aksesoris Listrik dan Mesin	1	12	Rp2.000.000	Rp24.000.000
4	Perbaikan ringan	1	12	Rp2.000.000	Rp24.000.000
5	Meteran	1	12	Rp2.000.000	Rp24.000.000
	<b>Biaya Pemeliharaan Rutin</b>				
1	Pengecekan Pompa	5	3	Rp1.500.000	Rp22.500.000
2	Pengecekan Pipa dan Aksesoris Pipa	1	3	Rp1.500.000	Rp4.500.000
	<b>Biaya Pemeliharaan Berkala</b>				
1	Penggantian Pipa	1	1	Rp2.000.000	Rp2.000.000
	<b>Biaya Bahan</b>				
	<b>Biaya Lain-Lain</b>				

Lanjutan Tabel 4.48  
Biaya Operasional dan Pemeliharaan Sumber Taman Lake'

	<b>Jumlah</b>				Rp865.870.275
<b>Biaya Operasional dan Pemeliharaan</b>					
<b>B Pengembangan Sumber Taman Lake'</b>					
No	URAIAN PEKERJAAN	Jumlah	Waktu(Bulan)	HARGA SATUAN	JUMLAH
	<b>Honor</b>				
1	Petugas Lapangan	1	12	Rp1.500.000	Rp18.000.000
	<b>Biaya Operasional</b>				
1	Listrik	5534	12	Rp1.467	Rp97.437.722
2	Oli	1	12	Rp85.000	Rp1.020.000
3	Aksesoris Listrik dan Mesin	1	12	Rp600.000	Rp7.200.000
4	Perbaikan ringan	1	12	Rp500.000	Rp6.000.000
5	Meteran	1	12	Rp100.000	Rp1.200.000
	<b>Biaya Pemeliharaan Rutin</b>				
1	Pengecekan Pompa	1	3	Rp500.000	Rp1.500.000
2	Pengecekan Pipa dan Aksesoris Pipa	1	3	Rp500.000	Rp1.500.000
3	Pembersihan Menara Air	1	3	Rp500.000	Rp1.500.000
4	Pengecekan Manhole	1	3	Rp500.000	Rp1.500.000
	<b>Biaya Pemeliharaan Berkala</b>				
1	Pengecatan Pipa	1	1	Rp500.000	Rp500.000
	<b>Biaya Bahan</b>				
	<b>Biaya Lain-Lain</b>				
	<b>Jumlah</b>				Rp144.557.722
	<b>Total</b>				<b>Rp1.010.427.997</b>

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel diatas merupakan tabel pekerjaan biaya operasional pengembangan jaringan distribusi air bersih. Dari biaya operasional eksisting dan biaya operasional pengembangan maka di peroleh jumlah total keseluruhan Rp.1.010.427.997.

Setelah dilakukan perhitungan biaya operasional dan biaya pemeliharaan maka dilakukan perhitungan biaya total rencana.

Tabel 4.49  
Biaya Total Rencana dengan tingkat pelayanan 50%

No	Tahun	Biaya Modal	Biaya O&P	Biaya Total
1	2017	Rp196.825.738	-	Rp196.825.738
2	2018	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
3	2019	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
4	2020	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
5	2021	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
6	2022	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
7	2023	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
8	2024	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
9	2025	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
10	2026	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
11	2027	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
12	2028	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
13	2029	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
14	2030	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735
15	2031	Rp196.825.738	Rp1.010.427.997	Rp1.207.253.735

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Biaya total rencana dengan tingkat pelayanan 50% pada tahun pertama sebesar Rp196.825.738 karena pada tahun pertama hanya terdapat biaya modal namun pada biaya total rencana dengan tingkat pelayanan 50% dari tahun kedua sampai lima belas tahun kedepan sebesar Rp1.207.253.735.

Contoh perhitungan biaya total rencana dengan tingkat pelayanan 50% adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya modal} &= \text{Rp}196.825.738 \\
 \text{Biaya O&P} &= \text{Rp}1.010.427.997 \\
 \text{Biaya total tahunan} &= \text{Biaya modal} + \text{Biaya O&P} \\
 &= \text{Rp}196.825.738 + \text{Rp}1.010.427.997 \\
 &= \text{Rp}1.207.253.735
 \end{aligned}$$

#### 4.9.2 Analisa Manfaat

Analisa manfaat adalah analisa yang digunakan untuk membandingkan berbagai biaya yang terkait dengan investasi dengan memperoleh pemasukan yang menguntungkan selama umur pekerjaan.

Analisa manfaat dihitung pada saat  $B=C$  di mana pada titik ini merupakan titik impas.

Contoh perhitungan Analisa manfaat adalah sebagai berikut :

- Total kebutuhan air bersih rata-rata =  $687169,44 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Kehilangan air =  $206150,832 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Parameter yang digunakan  $B/C = 1$  sehingga  $B=C$
- Biaya modal = Rp196.825.738
- Biaya O & P = Rp1.010.427.997
- Biaya total tahunan = Rp1.207.253.735
- Harga = 
$$\frac{\text{Biaya total tahunan}}{\text{Total kebutuhan air bersih}-\text{kehilangan air}}$$
$$= \frac{\text{Rp}1.207.253.735}{687169,44-206150,832}$$
$$= \text{Rp. } 2510$$
- Manfaat total tahunan =  $(\text{total kebutuhan air}-\text{total kehilangan air}) \times \text{harga air}$ 
$$= (687169,44 - 206150,832) \times \text{Rp. } 2510$$
$$= \text{Rp}1.207.253.735$$

### 4.9.3 Analisa Ekonomi Harga Air

#### 4.9.3.1 Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit cost ratio (BCR) adalah suatu metode yang digunakan pada saat awal investasi biasanya digunakan untuk menentukan alternatif dalam perbandingan aspek manfaat yang akan diperoleh dengan aspek biaya yang akan ditanggung dengan adanya suatu investasi.

Berikut contoh perhitungan  $BCR > 1$  dengan tingkat suku bunga 4,5 % :

- Total biaya konstruksi = Rp 2.025.268.697
- Biaya O & P = Rp 1.010.427.997
- Total kebutuhan air = 687169,44 m<sup>3</sup>/tahun
- Total kehilangan air = 206150,832 m<sup>3</sup>/tahun
- Harga air = Rp. 2.800
- Total manfaat = (total kebutuhan air - total kehilangan air) x harga air  
= (687169,44 - 206150,832) x Rp. 2.800  
= Rp. 1.346.852.102 per tahun.

Contoh perhitungan BCR adalah sebagai berikut:

- Total biaya konstruksi tahun 1 = Rp 2.025.268.697
- Faktor konversi (F/P, 4,5 ,1) = 1,045
- Faktor konversi (A/P, 4,5 ,1) = 0,093

Nilai biaya modal tahunan dengan suku bunga 4,5 % = Rp 196.825.738

- O & P = Rp 1.010.427.997
- Total nilai biaya modal tahunan = Rp 196.825.738 + Rp 1.010.427.997  
= Rp 1.207.253.735
- Total manfaat air bersih = Rp. 1.346.852.102

Sehingga :

$$\begin{aligned} B/C &= \frac{\text{annual benefit}}{\text{annual cost}} \\ &= \frac{\text{Rp.1.346.852.102}}{\text{Rp.1.207.253.735}} \\ &= 1,12 \end{aligned}$$

Karena nilai  $BCR > 1$  maka dapat dikatakan bahwa proyek ini layak secara ekonomi.

Selanjutnya untuk perhitungan BCR dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 4.50**  
**Total manfaat dengan menggunakan bunga 4%**

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 4 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,04	Rp189.438.773
Biaya O & P		Rp1.010.427,997		0,08994	Rp1.010.427,997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852,102			Rp1.346.852,102
					Rp1.346.852,102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

**Tabel 4.51**  
**Total manfaat dengan menggunakan bunga 4,5 %**

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 4,5%			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,045	Rp196.825.738
Biaya O & P		Rp1.010.427,997		0,093	Rp1.010.427,997
Manfaat Air Bersih		Rp 1.346.852,102			Rp1.346.852,102
					Rp1.346.852,102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

**Tabel 4.52**  
**Total manfaat dengan menggunakan bunga 5%**

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 5 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,05	Rp204.870.106
Biaya O & P		Rp1.010.427,997		0,09634	Rp1.010.427,997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852,102			Rp1.346.852,102
					Rp1.346.852,102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

**Tabel 4.53**  
**Total manfaat dengan menggunakan bunga 6 %**

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 6 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,06	Rp206.821.249
Biaya O & P		Rp1.010.427,997		0,09634	Rp1.010.427,997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852,102			Rp1.346.852,102
					Rp1.346.852,102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

**Tabel 4.54**

**Total manfaat dengan menggunakan bunga 7%**

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 7 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,07	Rp238.374.126
Biaya O & P		Rp1.010.427,997		0,110	Rp1.010.427,997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852,102			Rp1.346.852,102
					Rp1.346.852,102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.55

Total manfaat dengan menggunakan bunga 8%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 8 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,08	Rp255.912.953
Biaya O & P		Rp1.010.427.997		0,117	Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102			Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.56

Total manfaat dengan menggunakan bunga 9%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 9 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,09	Rp273.735.317
Biaya O & P		Rp1.010.427.997		0,124	Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102			Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.57

Total manfaat dengan menggunakan bunga 10%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 10 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,09	Rp289.188.117
Biaya O & P		Rp1.010.427.997		0,131	Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102			Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.58

Total manfaat dengan menggunakan bunga 11%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 11 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp2.025.268,697			1,1	Rp309.663.584
Biaya O & P		Rp1.010.427.997		0,139	Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102			Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.59

Total manfaat dengan menggunakan bunga 12%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 12 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp 2.025.268,697			1,12	Rp342.513.442
Biaya O & P		Rp1.010.427.997		0,151	Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102			Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.60  
Total manfaat dengan menggunakan bunga 13%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 13 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp 2.025.268.697			1,13	Rp354.725.812 Rp1.365.153.809 0,99
Biaya O & P		Rp1.010.427.997	0,15500		Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102		Rp1.346.852.102	Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Tabel 4.61  
Total manfaat dengan menggunakan bunga 14%

Uraian	Tahun ke-	Tingkat Bunga 14 %			B/C
		1	2 s/d 16	Angka Konversi	
Biaya Konstruksi	Rp 2.025.268.697			1,14	Rp376.335.429 Rp1.386.763.426 0,97
Biaya O & P		Rp1.010.427.997	0,163		Rp1.010.427.997
Manfaat Air Bersih		Rp1.346.852.102		Rp1.346.852.102	Rp1.346.852.102

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Total manfaat biaya proyek dengan bunga 4% memiliki nilai B/C > 1 yaitu 1,12 sedangkan total manfaat biaya proyek dengan bunga 14% memiliki nilai B/C < 1 yaitu 0,97.

Tabel 4.62  
Rekapitulasi manfaat biaya proyek

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan ( C )	B/C
4%	Rp1.346.852.102	Rp1.199.866.770	1,12
4,5%	Rp1.346.852.102	Rp1.207.253.735	1,12
5%	Rp1.346.852.102	Rp1.215.298.102	1,11
6%	Rp1.346.852.102	Rp1.217.249.246	1,11
7%	Rp1.346.852.102	Rp1.248.802.122	1,08
8%	Rp1.346.852.102	Rp1.266.340.949	1,06
9%	Rp1.346.852.102	Rp1.284.163.314	1,05
10%	Rp1.346.852.102	Rp1.299.616.114	1,04
11%	Rp1.346.852.102	Rp1.320.091.581	1,02
12%	Rp1.346.852.102	Rp1.352.941.439	1,00
13%	Rp1.346.852.102	Rp1.365.153.809	0,99
14%	Rp1.346.852.102	Rp1.386.763.426	0,97

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

#### 4.9.3.2 Net Present Value (NPV)

Net Present Value selisih antara annual benefit dengan annual cost. Net Present Value ini biasanya digunakan untuk mengetahui manfaat bersih yang diterima dari suatu usaha selama umur proyek yang telah ditentukan. Nilai B/C > 0 maka investasi akan menguntungkan namun jika nilai B/C < 0 maka investasi tidak akan menguntungkan.

Contoh perhitungan net present value pada saat bunga 4,5%:

Net Present Value = Annual benefit – annual cost

$$= \text{Rp } 1.346.852.102 - \text{Rp } 1.207.253.735$$

$$= \text{Rp}139.598.367$$

Hasil nilai dari Net Present Value yaitu  $\text{Rp}139.598.367 > 0$  artinya investasi bersifat menguntungkan. Di bawah ini merupakan tabel dari beberapa suku bunga.

Tabel 4.63

Nilai Net Present Value dari beberapa suku bunga

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B-C
4%	Rp1.346.852.102	Rp1.199.866.770	Rp146.985.332
4,5%	Rp1.346.852.102	Rp1.207.253.735	Rp139.598.367
5%	Rp1.346.852.102	Rp1.215.298.102	Rp131.554.000
6%	Rp1.346.852.102	Rp1.217.249.246	Rp129.602.856
7%	Rp1.346.852.102	Rp1.248.802.122	Rp98.049.980
8%	Rp1.346.852.102	Rp1.266.340.949	Rp80.511.153
9%	Rp1.346.852.102	Rp1.284.163.314	Rp62.688.789
10%	Rp1.346.852.102	Rp1.299.616.114	Rp47.235.988
11%	Rp1.346.852.102	Rp1.320.091.581	Rp26.760.522
12%	Rp1.346.852.102	Rp1.352.941.439	-Rp6.089.336
13%	Rp1.346.852.102	Rp1.365.153.809	-Rp18.301.707
14%	Rp1.346.852.102	Rp1.386.763.426	-Rp39.911.324

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Berdasarkan suku bunga 4% - 11% nilai B-C dapat diartikan bahwa investasi bersifat menguntungkan, namun pada suku bunga 12-14% dapat diartikan bahwa nilai B-C bersifat tidak menguntungkan.

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

$IRR = I' + \frac{(B-C)'}{(B-C)'-(B-C)''}$  ( $I'$ ) Internal Rate of Return (IRR) adalah metode yang digunakan untuk mencari suku bunga disaat NPV sama dengan nol. *Internal Rate of Return* (IRR) harus menggunakan cara dengan trial and error.

Contoh perhitungan IRR pada pengembangan distribusi air bersih.

dimana :

$I'$  = suku bunga yang memberikan nilai NPV positif = 11%

$I''$  = suku bunga yang memberikan nilai NPV negative = 12 %

sehingga:

$$\begin{aligned}
 IRR &= I' + \frac{(B-C)'}{(B-C)'-(B-C)''} (I'' - I') \\
 &= 11\% + \frac{(B-C)'}{(B-C)'-(B-C)''} (I'' - I') \\
 &= 11\% + \frac{(26.760.522)}{(26.760.522) - (-6.089.336)} (12\% - 11\%) \\
 &= 11,81\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.64  
Perhitungan IRR dengan menggunakan suku bunga

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B-C	IRR
4%	Rp1.346.852.102,40	1199866770	146985332	
4,5%	Rp1.346.852.102,40	1207253735	139598367	
5%	Rp1.346.852.102,40	1215298102	131554000	
6%	Rp1.346.852.102,40	1217249246	129602856	
7%	Rp1.346.852.102,40	1248802122	98049980	
8%	Rp1.346.852.102,40	1266340949	80511153	
9%	Rp1.346.852.102,40	1284163314	62688789	
10%	Rp1.346.852.102,40	1299616114	47235988	11,81
11%	Rp1.346.852.102,40	1320091581	26760522	
12%	Rp1.346.852.102,40	1352941439	-6089336	
13%	Rp1.346.852.102,40	1365153809	-18301707	
14%	Rp1.346.852.102,40	1386763426	-39911324	

Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai IRR 11,81% dengan suku bunga yang digunakan yaitu suku bunga positif 11 % dan suku bunga negative 12%.

#### 4.9.3.4 Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas digunakan untuk melihat apa yang akan terjadi dengan hasil proyek jika ada suatu kesalahan atau perubahan dalam dasar perhitungan biaya atau benefit. Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah salah satu elemen seperti nilai biaya dan manfaat. Elemen-elemen yang diubah dianataranya adalah :

- Analisa sensitivitas proyek dengan 10% kenaikan pada biaya dengan nilai manfaat tetap.
- Analisa sensitivitas proyek dengan 10% penurunan pada biaya dengan nilai manfaat tetap.
- Analisa sensitivitas proyek dengan 10% kenaikan pada manfaat dengan nilai biaya tetap.
- Analisa sensitivitas proyek dengan 10% penurunan pada manfaat dengan nilai biaya tetap.
- Proyek mundur 2 tahun

Dibawah ini merupakan perhitungan Analisa sensitivitas dengan mengubah beberapa elemen-elemen :

Tabel 4.65  
Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% kenaikan pada nilai biaya dan nilai manfaat tetap

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.319.853.447	Rp1.346.852.102	1,020455798	Rp26.998.655	
4,5%	Rp1.327.979.109	Rp1.346.852.102	1,014211815	Rp18.872.994	
5%	Rp1.336.827.913	Rp1.346.852.102	1,007498489	Rp10.024.190	
6%	Rp1.338.974.171	Rp1.346.852.102	1,005883557	Rp7.877.932	
7%	Rp1.373.682.335	Rp1.346.852.102	0,980468387	-Rp26.830.232	6,23
8%	Rp1.392.975.044	Rp1.346.852.102	0,966888896	-Rp46.122.942	
9%	Rp1.412.579.645	Rp1.346.852.102	0,95346985	-Rp65.727.543	
10%	Rp1.429.577.725	Rp1.346.852.102	0,942132826	-Rp82.725.623	
11%	Rp1.452.100.739	Rp1.346.852.102	0,927519742	-Rp105.248.636	

## Lanjutan Tabel 4.65

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% kenaikan pada nilai biaya dan nilai manfaat tetap

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
12%	Rp1.488.235.583	Rp1.346.852.102	0,904999261	-Rp141.383.480	
13%	Rp1.501.669.190	Rp1.346.852.102	0,896903334	-Rp154.817.088	6,23
14%	Rp1.525.439.769	Rp1.346.852.102	0,882927094	-Rp178.587.666	

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

## Tabel 4.66

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% penurunan pada nilai biaya dan nilai manfaat tetap

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.079.880.093	Rp1.346.852.102	1,247223753	Rp266.972.009	
4,5%	Rp1.086.528.362	Rp1.346.852.102	1,239592219	Rp260.323.741	
5%	Rp1.093.768.292	Rp1.346.852.102	1,231387042	Rp253.083.810	
6%	Rp1.095.524.322	Rp1.346.852.102	1,229413237	Rp251.327.781	
7%	Rp1.123.921.910	Rp1.346.852.102	1,19835025	Rp222.930.192	
8%	Rp1.139.706.854	Rp1.346.852.102	1,181753095	Rp207.145.248	
9%	Rp1.155.746.983	Rp1.346.852.102	1,165352039	Rp191.105.120	
10%	Rp1.169.654.503	Rp1.346.852.102	1,151495676	Rp177.197.600	
11%	Rp1.188.082.423	Rp1.346.852.102	1,13363524	Rp158.769.680	
12%	Rp1.217.647.295	Rp1.346.852.102	1,106110208	Rp129.204.807	
13%	Rp1.228.638.428	Rp1.346.852.102	1,096215185	Rp118.213.674	
14%	Rp1.248.087.083	Rp1.346.852.102	1,079133115	Rp98.765.019	

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

## Tabel 4.67

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% kenaikan pada nilai manfaat dan nilai biaya tetap

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.199.866.770	Rp1.481.537.313	1,234751515	Rp281.670.543	
4,5%	Rp1.207.253.735	Rp1.481.537.313	1,227196296	Rp274.283.578	
5%	Rp1.215.298.102	Rp1.481.537.313	1,219073172	Rp266.239.210	
6%	Rp1.217.249.246	Rp1.481.537.313	1,217119105	Rp264.288.066	
7%	Rp1.248.802.122	Rp1.481.537.313	1,186366748	Rp232.735.190	
8%	Rp1.266.340.949	Rp1.481.537.313	1,169935564	Rp215.196.363	
9%	Rp1.284.163.314	Rp1.481.537.313	1,153698518	Rp197.373.999	
10%	Rp1.299.616.114	Rp1.481.537.313	1,139980719	Rp181.921.199	
11%	Rp1.320.091.581	Rp1.481.537.313	1,122298888	Rp161.445.732	
12%	Rp1.352.941.439	Rp1.481.537.313	1,095049106	Rp128.595.874	
13%	Rp1.365.153.809	Rp1.481.537.313	1,085253034	Rp116.383.504	
14%	Rp1.386.763.426	Rp1.481.537.313	1,068341784	Rp94.773.887	

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

## Tabel 4.68

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% penurunan pada nilai manfaat dan nilai biaya tetap

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.199.866.770	Rp1.212.166.892	1,01025124	Rp12.300.122	
4,5%	Rp1.207.253.735	Rp1.212.166.892	1,004069697	Rp4.913.157	
5%	Rp1.215.298.102	Rp1.212.166.892	0,997423504	-Rp3.131.210	
6%	Rp1.217.249.246	Rp1.212.166.892	0,995824722	-Rp5.082.354	4,81

### Lanjutan Tabel 4.68

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% penurunan pada nilai manfaat dan nilai biaya tetap

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
7%	Rp1.248.802.122	Rp1.212.166.892	0,970663703	-Rp36.635.230	
8%	Rp1.266.340.949	Rp1.212.166.892	0,957220007	-Rp54.174.057	
9%	Rp1.284.163.314	Rp1.212.166.892	0,943935151	-Rp71.996.422	
10%	Rp1.299.616.114	Rp1.212.166.892	0,932711498	-Rp87.449.222	
11%	Rp1.320.091.581	Rp1.212.166.892	0,918244545	-Rp107.924.688	4,81
12%	Rp1.352.941.439	Rp1.212.166.892	0,895949268	-Rp140.774.547	
13%	Rp1.365.153.809	Rp1.212.166.892	0,8879343	-Rp152.986.917	
14%	Rp1.386.763.426	Rp1.212.166.892	0,874097823	-Rp174.596.534	

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

### Tabel 4.69

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% kenaikan pada nilai biaya dan nilai 10% penurunan nilai manfaat

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.319.853.447	Rp1.212.166.892	0,918410218	-Rp107.686.555	
4,5%	Rp1.327.979.109	Rp1.212.166.892	0,912790634	-Rp115.812.216	
5%	Rp1.336.827.913	Rp1.212.166.892	0,90674864	-Rp124.661.020	
6%	Rp1.338.974.171	Rp1.212.166.892	0,905295202	-Rp126.807.279	
7%	Rp1.373.682.335	Rp1.212.166.892	0,882421548	-Rp161.515.443	
8%	Rp1.392.975.044	Rp1.212.166.892	0,870200006	-Rp180.808.152	
9%	Rp1.412.579.645	Rp1.212.166.892	0,858122865	-Rp200.412.753	2,63
10%	Rp1.429.577.725	Rp1.212.166.892	0,847919543	-Rp217.410.833	
11%	Rp1.452.100.739	Rp1.212.166.892	0,834767768	-Rp239.933.846	
12%	Rp1.488.235.583	Rp1.212.166.892	0,814499335	-Rp276.068.691	
13%	Rp1.501.669.190	Rp1.212.166.892	0,807213	-Rp289.502.298	
14%	Rp1.525.439.769	Rp1.212.166.892	0,794634385	-Rp313.272.877	

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

### Tabel 4.70

Analisa sensitivitas proyek untuk kondisi 10% penurunan pada nilai biaya dan nilai 10% kenaikan nilai manfaat

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.079.880.093	Rp1.481.537.313	1,371946128	Rp401.657.220	
4,5%	Rp1.086.528.362	Rp1.481.537.313	1,363551441	Rp395.008.951	
5%	Rp1.093.768.292	Rp1.481.537.313	1,354525747	Rp387.769.020	
6%	Rp1.095.524.322	Rp1.481.537.313	1,352354561	Rp386.012.991	
7%	Rp1.123.921.910	Rp1.481.537.313	1,318185275	Rp357.615.402	
8%	Rp1.139.706.854	Rp1.481.537.313	1,299928404	Rp341.830.458	
9%	Rp1.155.746.983	Rp1.481.537.313	1,281887243	Rp325.790.330	26,00
10%	Rp1.169.654.503	Rp1.481.537.313	1,266645244	Rp311.882.810	
11%	Rp1.188.082.423	Rp1.481.537.313	1,246998764	Rp293.454.890	
12%	Rp1.217.647.295	Rp1.481.537.313	1,216721229	Rp263.890.018	
13%	Rp1.228.638.428	Rp1.481.537.313	1,205836704	Rp252.898.884	
14%	Rp1.248.087.083	Rp1.481.537.313	1,187046427	Rp233.450.229	

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

Untuk Analisa sensitivitas jika penyelesaian proyek tertunda hingga 2 tahun pada saat bunga 4,5% adalah sebagai berikut :

- Total biaya konstruksi = Rp2.025.268.697

- Faktor (F/P,4,5%,3) = 1,142
- Faktor (A/P,4,5%,17) = 0,085
- nilai tahunan biaya konstruksi = Rp2.025.268.697 x 1,142 x 0,085  
= Rp196.592.832
- total biaya O & P tahunan = Rp1.010.427.997
- total biaya tahunan = Rp1.207.020.829
- total manfaat tahunan = Rp1.346.852.102
- BCR =  $\frac{\text{annual benefit}}{\text{annual cost}}$   
=  $\frac{\text{Rp}1.346.852.102}{\text{Rp}1.207.020.829}$   
= 1,115

Untuk perhitungan BCR setiap suku bunga maka dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.71  
Analisa sensitivitas proyek ketika tertunda selama 2 tahun

Suku Bunga (%)	Biaya	Manfaat	B/C	B-C	IRR
4%	Rp1.197.714.720	Rp1.346.852.102	1,124518285	Rp149.137.383	
4,5%	Rp1.207.020.829	Rp1.346.852.102	1,115848269	Rp139.831.273	
5%	Rp1.216.107.400	Rp1.346.852.102	1,107510819	Rp130.744.703	
6%	Rp1.239.577.024	Rp1.346.852.102	1,086541681	Rp107.275.079	
7%	Rp1.263.485.321	Rp1.346.852.102	1,065981599	Rp83.366.782	
8%	Rp1.288.902.443	Rp1.346.852.102	1,04496047	Rp57.949.660	
9%	Rp1.317.286.583	Rp1.346.852.102	1,022444257	Rp29.565.519	
10%	Rp1.347.382.076	Rp1.346.852.102	0,999606664	-Rp529.974	
11%	Rp1.376.142.917	Rp1.346.852.102	0,978715281	-Rp29.290.815	
12%	Rp1.417.334.857	Rp1.346.852.102	0,950270923	-Rp70.482.755	
13%	Rp1.444.735.183	Rp1.346.852.102	0,932248427	-Rp97.883.081	
14%	Rp1.475.652.469	Rp1.346.852.102	0,912716328	-Rp128.800.367	9,98

Sumber: Hasil Perhitungan,2017

#### 4.9.3.5 Payback Period

Payback period adalah metode ini digunakan untuk mengukur seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi yang dikeluarkan melalui keuntungan yang diperoleh. Payback ini dikembalikan pada saat terjadinya BEP (*Break Event Point*).

Perhitungan payback period dibawah ini menggunakan harga air pada saat  $B/C > 1,12$  adalah sebagai berikut :

- biaya konstruksi = Rp2.025.268.697
- Biaya O & P = Rp1.010.427.997
- Total Manfaat = Rp1.346.852.102
- $K_{(PBP)}$  =  $\frac{\text{investasi}}{\text{annual benefit}}$   
=  $\frac{\text{Rp}2.025.268.697}{\text{Rp}1.346.852.102 - \text{Rp}1.010.427.997}$

$$= 6,02 \text{ tahun}$$

Perhitungan payback period dibawah ini menggunakan harga air pada saat B=C yaitu

- biaya konstruksi = Rp2.025.268.697
- Biaya O & P = Rp1.010.427.997
- Total Manfaat = Rp1.207.253.735
- $K_{(PBP)}$  =  $\frac{\text{investasi}}{\text{annual benefit}}$
- $K_{(PBP)}$  =  $\frac{\text{Rp}2.025.268.697}{\text{Rp}1.207.253.735 - \text{Rp}1.010.427.997}$
- = 10,29 tahun

#### 4.9.3.6 Penetapan Harga Air

Penetapan harga air ini dapat dilakukan perubahan-perubahan kondisi yang terjadi pada saat biaya naik 10% dan manfaat tetap, biaya turun 10% dan manfaat tetap, biaya naik 10% manfaat turun, baiya tetap manfaat turun, dan proyek mundur 2 tahun pada saat suku bunga 4,5%.

- Total Kebutuhan air bersih = 687.169,44 m<sup>3</sup>/tahun
- Kehilangan Air = 206.150,832 m<sup>3</sup>/tahun
- Manfaat total tahunan = Rp1.346.852.102

sehingga harga air dapat dilihat berdasarkan perubahan elemen-elemen sebagai berikut ;

Biaya naik 10% manfaat tetap = Rp1.346.852.102 + (10% x Rp481.018.608)  
= Rp1.481.537.312

Harga Air =  $\frac{\text{baiya naik 10\% manfaat tetap}}{\text{total kebutuhan air bersih - kehilangan air}}$   
=  $\frac{\text{Rp}1.481.537.312}{687.169,44 - 206.150,832}$   
= Rp. 3.080

Biaya turun 10% manfaat tetap = Rp1.346.852.102 - (10% x Rp481.018.608)  
= Rp1.212.166.892

Harga Air =  $\frac{\text{baiya turun 10\% manfaat tetap}}{\text{total kebutuhan air bersih - kehilangan air}}$   
=  $\frac{\text{Rp}1.212.166.892}{687.169,44 - 206.150,832}$   
= Rp. 2.520

Manfaat turun 10% biaya naik = Rp1.346.852.102 + (10% x Rp481.018.608)  
= Rp1.481.537.312

$$\begin{aligned}
 \text{Harga Air} &= \frac{\text{baiya turun } 10\% \text{ manfaat tetap}}{\text{total kebutuhan air bersih} - \text{kehilangan air}} \\
 &= \frac{\text{Rp}1.481.537,312}{687.169,44 - 206.150,832} \\
 &= \text{Rp. } 3.080
 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya tetap manfaat turun} = \text{Rp}1.346.852,102$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga Air} &= \frac{\text{baiya turun } 10\% \text{ manfaat tetap}}{\text{total kebutuhan air bersih} - \text{kehilangan air}} \\
 &= \frac{\text{Rp}1.346.852,102}{687.169,44 - 206.150,832} \\
 &= \text{Rp. } 2.800
 \end{aligned}$$