

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam bab ini akan membahas tentang perhitungan-perhitungan dan perencanaan jaringan distribusi air baku Desa Sukoraharjo, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, pertama yaitu menghitung jumlah proyeksi penduduk dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2037, menggunakan metode Geometri, Aritmatik dan Eksponensial lalu dilakukan uji kesesuaian menggunakan uji standar deviasi koefisien korelasi, kemudian dipilih metode proyeksi yang sesuai. Selanjutnya adalah menghitung jumlah kebutuhan air bersih.

Simulasi dengan program *WaterCAD V8i* dilakukan setelah semua perhitungan dan semua data sudah sesuai dan model telah selesai dibuat. Hasil dari simulasi dilakukan evaluasi dari segi hidraulik, apabila terjadi permasalahan dalam distribusi jaringan air bersih maka dilakukan perubahan komponen pada sistem tersebut hingga diperoleh hasil yang sesuai dengan kriteria perencanaan. Kemudian dilakukan perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

4.2 Pertumbuhan Penduduk

4.2.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan tiga metode, yaitu metode aritmatik, metode geometrik dan metode eksponensial. Setelah diperoleh hasil proyeksi dengan masing-masing metode, kemudian dilakukan uji kesesuaian menggunakan uji standar deviasi dan koefisien korelasi, diambil nilai koefisien korelasi yang mendekati +1 serta nilai standar deviasi terkecil.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tentang Penyelenggaran Pengembangan SPAM No. 18/PRT/M/2007, untuk Desa kecil proyeksi penduduk dilakukan dengan jangka waktu 15-20 tahun kedepan. Proyeksi penduduk dalam studi ini dilakukan dengan jangka waktu 20 tahun kedepan mulai tahun 2017 sampai dengan 2037

Dari data jumlah penduduk diatas dapat dilihat pada Tabel 4.1 bahwa jumlah penduduk pertahun diiap desa mengalami kenaikan dan penurunan hal tersebut disebabkan oleh angka kelahiran, kematian dan imigrasi yang tidak terduga. kemudian dilakukan perhitungan laju pertumbuhan penduduk (r), berikut tabel laju pertumbuhan penduduk yang tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1
Jumlah Penduduk Desa Sukoraharjo

Tahun	Jumlah Penduduk
2010	5.948
2011	6.041
2012	6.278
2013	6.458
2014	6.516
2015	6.792
2016	6.841
2017	6.867

Sumber : BPS Kabupaten Kepanjen

Tabel 4.2
Presentase Laju Pertambahan Penduduk Desa Sukoraharjo Tahun 2010-2017

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertambahan Penduduk	
		jiwa	%
2010	5.948	-	-
2011	6.041	93	1,54
2012	6.278	237	3,78
2013	6.458	180	2,79
2014	6.516	58	0,89
2015	6.792	276	4,06
2016	6.841	49	0,72
2017	6.867	26	0,38
Jumlah		919	14,15
Rata-Rata		131,29	2,02

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan laju pertambahan penduduk Desa Sukoraharjo

$$r = \text{jumlah penduduk (2012)} - \text{jumlah penduduk (2011)}$$

$$= 6.278 - 6.041$$

$$= 93$$

$$r(\%) = r / \text{jumlah penduduk (2011)}$$

$$= 93 / 6.041$$

$$= 1,54 \%$$

Dari hasil nilai r (trend laju pertumbuhan jumlah penduduk) yang telah diketahui, nantinya akan digunakan dalam perhitungan metode aritmatik, geometrik dan juga eksponensial. Berikut ini adalah penjabarannya.

4.2.1.1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode aritmatik dihitung berdasarkan persamaan rumus (2-4) dan Tabel 4.3 contoh perhitungan proyeksi penduduk Desa Sukoraharjo pada tahun 2018:

Diketahui:

$$P_n = 6.867$$

$$n = 1$$

$$r = 2,02\% \text{ (laju pertambahan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2018 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r.n) \\ &= 6.867 (1 + (2.02\% \cdot 1)) \\ &= 7.006 \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk dengan cara perhitungan yang sama pada masing - masing desa hingga tahun 2037 disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3

Perhitungan Proyeksi Penduduk Hingga Tahun 2037 dengan Metode Aritmatik

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2017	6.867
2	2018	7.006
3	2019	7.145
4	2020	7.283
5	2021	7.422
6	2022	7.561
7	2023	7.700
8	2024	7.839
9	2025	7.978
10	2026	8.116
11	2027	8.255
12	2028	8.394
13	2029	8.533
14	2030	8.672
15	2031	8.810
16	2032	8.949
17	2033	9.088
18	2034	9.227
19	2035	9.366
20	2036	9.504
21	2037	9.643

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.1.2 Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode geometrik dihitung berdasarkan persamaan rumus (2-5) dan Tabel 4.4. contoh perhitungan proyeksi penduduk Desa Sukoraharjo pada tahun 2018

diketahui:

$$P_0 = 6.867$$

$$n = 1$$

$$r = 2,02\%$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2018 sebagai berikut

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r)^n \\ &= 6.867 (1 + 2,02\%)^1 \\ &= 7.006 \end{aligned}$$

Hasil proyeksi penduduk dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2037 disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4

Perhitungan Proyeksi Penduduk Hingga Tahun 2037 dengan Metode Geometrik

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2017	6.867
2	2018	7.006
3	2019	7.147
4	2020	7.292
5	2021	7.439
6	2022	7.590
7	2023	7.743
8	2024	7.900
9	2025	8.059
10	2026	8.222
11	2027	8.388
12	2028	8.558
13	2029	8.731
14	2030	8.908
15	2031	9.088
16	2032	9.271
17	2033	9.459
18	2034	9.650
19	2035	9.845
20	2036	10.044
21	2037	10.247

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.1.3 Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial

Perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode eksponensial dihitung berdasarkan persamaan rumus (2-6) dan Tabel 4.5. Contoh perhitungan proyeksi penduduk Desa Sukoraharjo pada tahun 2018.

Diketahui:

$$P_0 = 6.867$$

$$n = 1$$

$$r = 2,02\%$$

$$e = 2,718$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2018 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot e^{(r \cdot n)} \\ &= 6.867 \cdot 2,718^{(2,02\% \cdot 1)} \\ &= 7.007 \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2037 disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Perhitungan Proyeksi Penduduk Hingga Tahun 2037 dengan Metode Eksponensial

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2017	6.867
2	2018	7.007
3	2019	7.151
4	2020	7.297
5	2021	7.446
6	2022	7.598
7	2023	7.753
8	2024	7.912
9	2025	8.073
10	2026	8.238
11	2027	8.406
12	2028	8.578
13	2029	8.754
14	2030	8.932
15	2031	9.115
16	2032	9.301
17	2033	9.491
18	2034	9.685
19	2035	9.883
20	2036	10.085
21	2037	10.291

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Dalam menentukan metode yang paling tepat untuk digunakan dalam perhitungan kebutuhan air, maka dilakukan pengujian statistik menggunakan standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi terbesar mendekati +1.

4.2.2.1 Standar Deviasi

Contoh Perhitungan standar deviasi pada proyeksi penduduk Desa Sukoraharjo dengan metode aritmatik :

1. Data jumlah penduduk tahun 2010-2017 (X)
2. Rata-rata jumlah penduduk tahun 2010 – 2017 (\bar{X}) = 6.467 jiwa
3. Proyeksi penduduk tahun 2010 -2017 dengan metode aritmatik (X_i)
4. Proyeksi penduduk (X_i) – Rata-rata jumlah penduduk (\bar{X})

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2017} &= X_i - \bar{X} \\ &= 6.467 - 8.255 \\ &= -519,63\end{aligned}$$

5. (Proyeksi penduduk (X_i) – Rata-rata jumlah penduduk (\bar{X}))²

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2017} &= (X_i - \bar{X})^2 \\ &= (-519,63)^2 \\ &= 270.010,14\end{aligned}$$

6. Total ($X_i - \bar{X}$)² = 685.280,98

7. Standar Deviasi

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{685.280,98}{21-1}} \\ &= 185,11\end{aligned}$$

Tabel 4.6

Rekapitulasi Perhitungan Standar Deviasi

	Metode Proyeksi		
	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
Standar Deviasi	185,11	192,19	193,43

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan standar deviasi pada Tabel 4.6, maka dapat diketahui metode proyeksi yang memiliki nilai standar deviasi yang terkecil. Metode proyeksi dengan nilai standar deviasi terkecil akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan air baku. Dapat di simpulkan metode aritmatik sebagai metode proyeksi yang dipilih

4.2.2.2 Koefisien Korelasi

Berikut adalah contoh perhitungan koefisien korelasi proyeksi perumbuhan penduduk Desa Sukoraharjo metode aritmatik:

1. Data asli X_i tahun 2010 = 5.948, $\sum (X_i)$ tahun 2010 – 2017 = 51.741

2. Xt^2 tahun 2010 = $5.948^2 = 35.378.704$,
 $\sum (Xt^2)$ tahun 2010 – 2017 = 335.535.923
3. Hasil Proyeksi tahun 2017 $Yi = 6.790$, $\sum (Yi)$ tahun 2010 – 2017 = 50.951
4. Yi^2 tahun 2010 = $5.948^2 = 35.378.704$,
 $\sum (Yi^2)$ tahun 2010 – 2017 = 32.510.3527
5. $Xi \times Yi$ tahun 2017 = $6.867 \times 6.790 = 46.624.643$,
 $\sum (Xi \times Yi)$ tahun 2010 – 2017 = 330.253.228
6. Koefisien Korelasi

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(nX^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$r = \frac{(8*330.253.228)-(51.741*50.951)}{\sqrt{(8*335.535.923^2-(5.141 \sum)^2)(8 \sum 325.103.527^2-(\sum 50.951)^2)}}$$

Tabel 4.7

Rekapitulasi Perhitungan Uji Korelasi

	Metode Proyeksi		
	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
Uji Korelasi	0,981	0,978	0,979

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa metode aritmatik memiliki nilai terbesar dengan 0,981 sedangkan geometrik memiliki nilai terkecil sebesar 0,978.

Berdasarkan kedua uji metode proyeksi pertumbuhan penduduk, akan dipilih metode dengan nilai standar deviasi terkecil dengan koefisien korelasi yang mendekati +1. Maka diambil metode aritmatik dengan standar deviasi terkecil dengan koefisien korelasi mendekati +1

4.3 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Berikut ini contoh perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Desa Sukoraharjo tahun 2037 dengan metode aritmatik dan kehilangan air sebesar 15% :

1. Jumlah penduduk tahun 2037 = 9.643 jiwa
2. Asumsi kebutuhan air untuk 1 orang per hari = 60 liter/org/hari
3. Kebutuhan domestik = kebutuhan 1 orang perhari x jumlah penduduk terlayani
 $= 60 \times 9.643$
 $= 578.599$ liter/hari
 $= 6,7$ liter/dt
4. Kebutuhan air non domestik = 15% x kebutuhan domestik
 $= 15 \% \times 6,7$ liter/dt

	= 1 liter/dt
5. Total kebutuhan air	= kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik
	= 6,7 + 1
	= 7,7 liter/dt
6. Kehilangan air	= total kebutuhan air x 15%
	= 7,7 x 15%
	= 1,15 liter/dt
7. Kebutuhan air bersih rata-rata	= Total kebutuhan air + kehilangan air
	= 7,7 + 1,15
	= 8,86 liter/dt
8. Kebutuhan harian maksimum	= 1,15 x kebutuhan air bersih rata-rata
	= 1,15 x 8,86
	= 10,18 liter/dt
9. Kebutuhan air pada jam puncak	= 1,56 x kebutuhan air bersih rata-rata
	= 1,56 x 8,86
	= 13,82 liter/dt

Tabel 4.8

Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Sukoraharjo

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2022	2027	2032	2037
1	Jumlah penduduk total	jiwa	7.561	8.255	8.949	9.643
2	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	453.664,69	495.309,38	536.954,07	578.598,76
		liter/dt	5,25	5,73	6,21	6,70
4	Kebutuhan air non domestik = 15% Kebutuhan domestik	liter/dt	0,79	0,86	0,93	1,00
5	Total kebutuhan air	liter/dt	6,04	6,59	7,15	7,70
6	Kehilangan air 15%	liter/dt	0,91	0,99	1,07	1,16
7	Kebutuhan air bersih rata-rata	liter/dt	6,94	7,58	8,22	8,86
	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih rata-rata	liter/dt	7,99	8,72	9,45	10,18
8	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih rata-rata	liter/dt	10,83	11,83	12,82	13,82

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Kondisi Eksisting Jaringan Distribusi Air Bersih

4.4.1 Kondisi Sumber Air

Sumber Air Dieng merupakan salah satu sumber air yang digunakan PDAM Kabupaten Kepanjen untuk melayani kebutuhan air bersih di beberapa desa yaitu Desa Sukoraharjo Desa Kemiri dan Desa Sukorejo. Sumber air dieng berada di Desa Sukorejo

Kecamatan Gondanglegi. Debit yang dihasilkan dari Sumber Air Dieng sebesar 150 l/dt dan berada di elevasi +170.

4.4.2 Kondisi Eksisting Pompa

Untuk melayani kebutuhan air ketiga desa tersebut, PDAM Kepanjen menggunakan 2 buah pompa, dimana 2 buah pompa terletak pada sumber dan dipasang secara seri. Selanjutnya spesifikasi pompa akan dijelaskan sebagai berikut:

a) Pompa 1

Tipe pompa	: <i>Submersible non clogging</i>
Head pompa	: 50 m
Kapasitas	: 25 liter/dt
Efisiensi	: 60%
Letak	: Sumber Air Dieng
Jam kerja	: 11 jam 25 menit

b) Pompa 2

Tipe pompa	: <i>Submersible non clogging</i>
Head pompa	: 25 m
Kapasitas	: 25 liter/dt
Efisiensi	: 60%
Letak	: Sumber Air Dieng
Jam kerja	: 11 jam 25 menit

4.4.3 Kondisi Tandon

Air dari sumber air dieng sebelum didistribusikan ke masyarakat akan ditampung ditandon. Dengan kapasitas tandon 500 m³ kemudian air dari tandon dialirkan kerumah-rumah warga. Berikut spesifikasi tandon :

- Elevasi dasar : +210,00 m
- Elevasi minimum : +210,50 m
- Elevasi intial : +217,5 m
- Elevasi maksimum : +217,75 m

4.5 Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Tahun 2037

Perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih dilakukan hingga 20 tahun kedepan, yaitu sampai tahun 2037

Setelah dilakukan analisa kapasitas debit serta simulasi menggunakan program *WaterCAD V8i* dari tahun 2037 ternyata diperlukan penambahan komponen-komponen

yang ada pada jaringan distribusi air bersih. Hal-hal yang direncanakan pada jaringan distribusi air bersih Desa Sukoraharjo sebagai berikut:

1. Perencanaan pompa
2. Penambahan PRV.

4.5.1 Perencanaan Pompa

Pada perencanaan pengembangan ini ada satu buah tambahan pompa, namun satu Pompa direncanakan dengan melihat nilai head total pompa dan debit yang dibutuhkan, serta data-data yang mendukung. Pemilihan jenis pompa dilakukan dengan mencocokkan hasil perhitungan pompa dengan spesifikasi teknis pompa yang sudah ada di pasaran. Berikut ini merupakan spesifikasi teknis pompa yang digunakan dalam studi ini :

4.5.1.1 Debit Rencana Pompa

Besarnya debit air yang akan dipompa tergantung pada besarnya kebutuhan air penyediaan dilokasi sumber yaitu sebesar 8,86 lt/dt.

4.5.1.2 Perhitungan Head Total Pompa

Head total pompa yang harus digunakan untuk mengalirkan jumlah debit air seperti yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi daerah yang akan dilayani. Rumus head total pompa sebagai berikut :

$$H_p = h_f + h_{Lm} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

keterangan:

h_p = Head total pompa (m)

h_f = kehilangan tinggi akibat gesekan pada pipa (m)

h_{Lm} = kehilangan minor (m)

Z_B = beda tinggi antara muka air keluar dan isap (m)

4.5.1.2.1 Kehilangan Tinggi Mayor (*Major Losses*)

Untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan pada pipa akibat gesekan (*Major Losses*) digunakan rumus (2-21) dan (2-22) . Pada studi ini direncanakan menggunakan pipa sesuai data perencanaan, untuk perhitungannya sebagai berikut:

$$k = \frac{10,675 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

$$k = \frac{10,675 \cdot 12.742}{150^{1,85} \cdot 0,127^{4,87}} \\ = 296.696,58$$

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

$$hf = 296.696,58 \cdot 0,010^{1,85}$$

$$hf = 47,32 \text{ m}$$

4.5.1.2.2 Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan pada pipa akibat gesekan (*Minor Losses*) digunakan rumus (2-24):

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

dengan :

h_{Lm} = kehilangan tinggi tekan minor (m)

K = koefisien kontraksi

V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt)

Pada studi ini direncanakan menggunakan pipa sesuai dengan data perencanaan sebagai berikut:

Debit (Q) = 0,010 m³/dt

Diameter pipa (D) = 0,127 m

Koefisien kehilangan minor = 0,98 (belokan 90°)

Berdasarkan data perencanaan diatas, maka kehilangan tinggi akibat gesekan pipa sebagai berikut:

$$A = \frac{3,14 \times 0,127^2}{4}$$

$$A = 0,0126 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,010}{0,0126}$$

$$V = 0,699 \text{ m}^2/\text{dt}$$

Sehingga nilai kehilangan tinggi minornya adalah:

$$\begin{aligned} h_{Lm} &= k \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,98 \times \frac{0,699^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,024 \text{ m} \end{aligned}$$

4.5.1.2.3 Head Total Pompa

Maka head total pompa dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h_p &= h_f + h_{Lm} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g} \\ &= 47,322 + 0,024 + 12 + \frac{0,699^2}{2 \times 9,81} \\ &= 59,37 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan hidrolik pompa tersebut maka dibutuhkan head pompa sebesar 59,37 m untuk dapat mengalirkan kapasitas debit sebesar 8,86 liter/dt atau $0,53 \text{ m}^3/\text{mnt}$.

4.5.1.2.4 NPSH Pompa

Berdasarkan rumus (2-25) didapatkan rumus perhitungan NPSH yaitu

$$h_{sv} = h_a + h_s - h_v - h_f$$

dimana:

h_a = + 218 m berdasarkan tabel 2.8 didapatkan nilai h_a sebesar 33,08 ft

h_v = untuk suhu 25°C maka didapatkan tekanan uap air sebesar $1,06 \text{ ft}$

hs = elevasi tandon tertinggi – elevasi pompa

$$= (+218) - (+188)$$

$$= 30 \text{ m} = 98.4 \text{ ft}$$

$$H_{\text{sv}} = 33.08 + 98.4 = 1.06$$

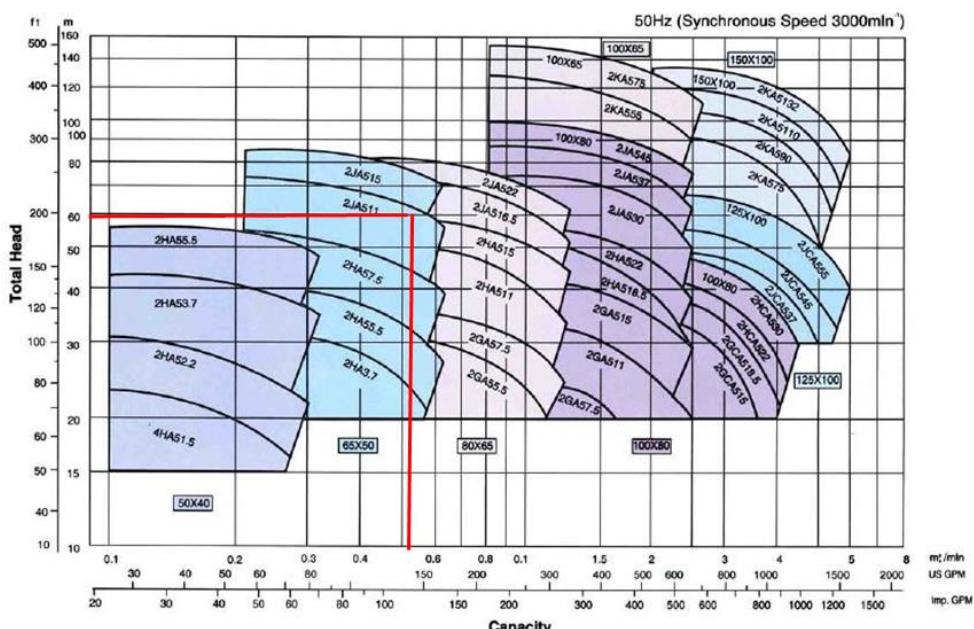
$$= 130.42 \text{ ft}$$

$$= 39 \text{ m}$$

Maka NPSH yang tersedia sebesar 39 m.

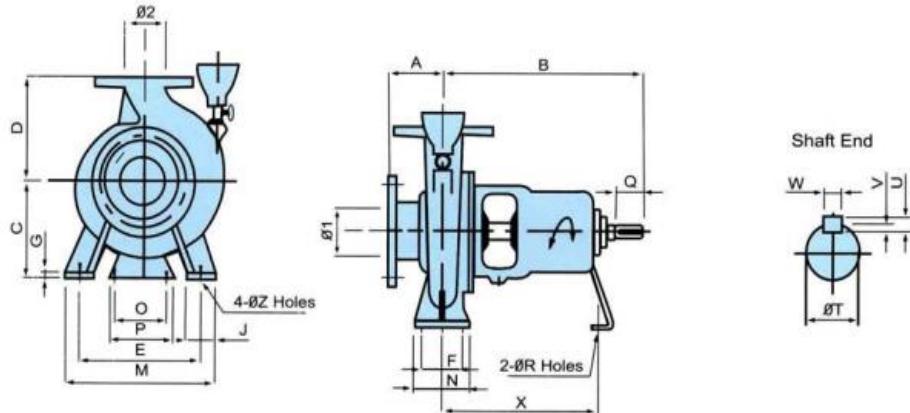
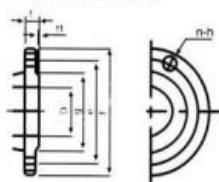
4.5.1.3 Pemilihan Pompa dan Daya Pompa

Berdasarkan perencanaan perhitungan diatas, maka pemilihan pompa dilakukan dengan mempertimbangkan total head pompa dan kapasitas debit yang akan dialirkan, serta data-data yang mendukung. Pemilihan jenis pompa dilakukan dengan mencocokkan hasil perhitungan pompa dengan spesifikasi teknis pompa yang sudah ada di pasaran. Hasil penentuan jenis pompa dapat dilihat pada Gambar 4.1 - 4.4.



Gambar 4.1 Kurva pemilihan jenis pompa sentrifugal

Sumber : www.lukesindonesia.com

DIMENSIONS - BARE SHAFT PUMP**FLANGE JIS 10K RF****Dimension - Flange**

D mm	f mm	e mm	g mm	t1 mm	t mm	n	h mm
40	140	105	81	2	20	4	19
50	155	120	96	2	20	4	19
65	175	140	116	2	22	4	19
80	185	150	126	2	22	8	19
100	210	175	151	2	24	8	19
125	250	210	182	2	24	8	23
150	280	240	212	2	26	8	23
200	330	290	262	2	26	12	23

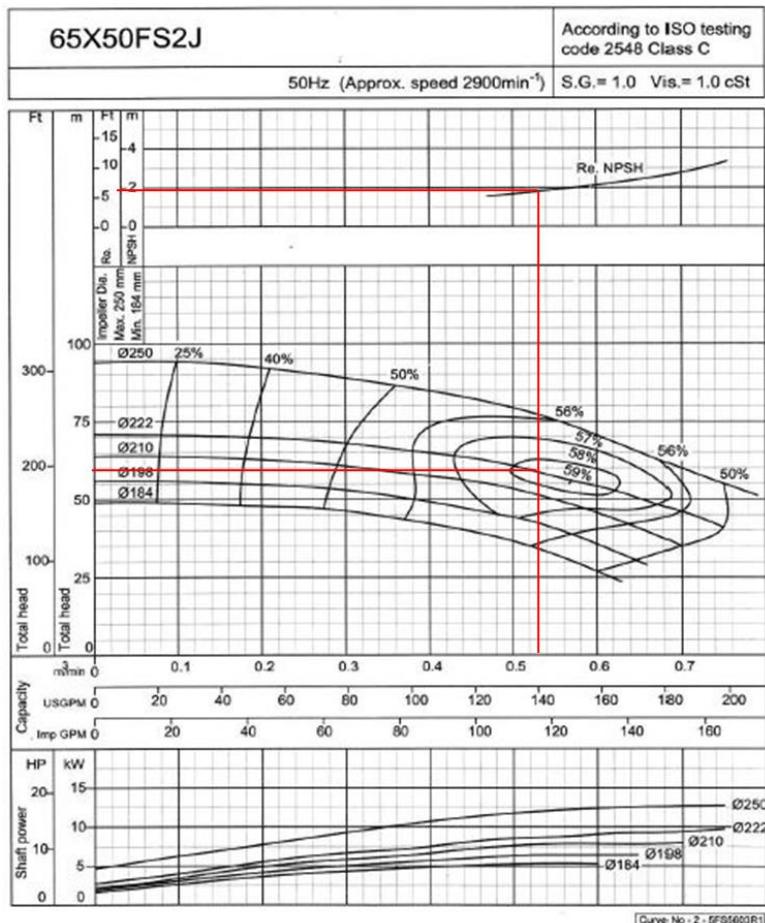
Gambar 4.2 Data teknis pompa
Sumber : Lukesindonesia.com

Dimension - Pump

Model	Size		Pump													Shaft					wt kg			
	ø1	ø2	A	B	C	D	E	F	G	J	M	N	O	P	R	X	Z	T	Q	U	V	W		
50x40 FSHA	50	40	80	360	160	180	190	70	12	50	240	100	110	150	17	285	15	24	50	7	4	8	37	
65x50 FSHA	65	50	100	360	160	180	212	70	12	50	265	100	110	150	17	285	15	24	50	7	4	6	42	
65x50 FSJA	65	50	100	360	180	225	250	95	14	65	320	125	110	150	17	285	15	24	50	7	4	6	49	
80x65 FSGA																							39	
80x65 FSHA	80	65	100	360	160	200	212	70	12	50	265	100	110	150	17	285	15	24	50	7	4	8	48	
80x65 FSJA																							60	
80x65 FSKA			125	470	225	280	315	120	16	80	400	160				370	19	32	80	8	5	10	108	
100x80 FSGA																								49
100x80 FSHA			100	360	160	200	212	95	14	65	280	125						15	24	50	7	4	8	62
100x80 FSJA																								70
100x80 FSGCA			125	360	180	225	250	95	14	65	320	125						32	80	8	5	10	62	
100x80 FSHCA																								65
125x100 FSJCA					360	225	280	315	120	16	80	400	160	110	150	17	285	19	32	80	8	5	10	108
125x100 FSKA	125	100	140	470	250	315											370	24	42	110				128
125x100 FSLA																								168
150x125 FSHA	150	125	140	470	250	315	355	120	15	80	400	160	110	150	17	370	19	32	80	8	5	10	120	
150x125 FSJA																								128
150x125 FSKA	150	125	140	530	280	355	400	150	16	100	500	200	110	150	17	370	24	42	110	8	5	12	170	
150x125 FSLA																								205
200x150 FSHA	200	150	160	470	280	355	400	150	18	100	500	200	110	150	17	370	24	32	80	8	5	10	137	
200x150 FSJA					200	150	160	530	280	375	400	150	18	100	500	200	110	150	17	370	24	42	110	183
200x150 FSKA	200	150	160	670	315	400	450	150	20	100	550	200	140	180	19	500	24	48	110	9	5.5	12	222	

Unit:mm, unless otherwise stated

Gambar 4.3 Data teknis pompa 2
Sumber : Lukesindonesia.com



Gambar 4.4 Kurva power pompa

Sumber: Lukesindonesia.com

Dari kurva serta gambar diatas dapat disimpulkan:

Debit kebutuhan	: 9 liter/dt atau $0,5316 \text{ m}^3/\text{menit}$
Head total	: 59 m
Merk	: Ebara
Jumlah kutub	: 2
Frekuensi	: 50 Hz
Daya motor	: 1,1 kW
Berat	: 49 kg
Efisiensi	: 59 %
NPSH yang dibutuhkan	: $2 \text{ m} < 39 \text{ m}$

4.5.2 Penambahan Pressure Reducer Valve (PRV)

Pada perencanaan pengembangan distribusi air bersih di Desa Sukoraharjo pada pipa sebelum menara air setelah dilakukan simulasi menggunakan program *WaterCAD V8i*, tekanan yang melalui 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).

4.6. Hasil Simulasi Sistem Jaringan Distribusi Air Kondisi Tidak Permanen Tahun 2037

Kondisi perencanaan jaringan distribusi air bersih tahun 2037 menggunakan 2 pompa submersible pada sumber, penambahan pompa sentrifugal setelah tandon air dan penambahan PRV guna menstabilkan tekanan yang terjadi.

4.6.1 Analisa Kondisi Aliran pada Pompa

Untuk melayani kebutuhan air ketiga desa tersebut, PDAM Kepanjen menggunakan 2 buah pompa, dimana 2 buah pompa terletak pada sumber dan dipasang secara seri. Selanjutnya spesifikasi pompa akan dijelaskan sebagai berikut :

a) Pompa 1

Tipe pompa	: <i>Submersible non clogging</i>
Head pompa	: 50 m
Kapasitas	: 25 liter/dt
Efisiensi	: 60%
Letak	: Sumber Air Dieng
Jam kerja	: 11 jam 25 menit

b) Pompa 2

Tipe pompa	: <i>Submersible non clogging</i>
Head pompa	: 25 m
Kapasitas	: 25 liter/dt
Efisiensi	: 60%
Letak	: Sumber Air Dieng
Jam kerja	: 11 jam 25 menit

Kedua pompa tersebut memiliki pola operasi sebagai berikut:

Tabel 4.9
Pola Operasi Pompa Pengembangan untuk 1 Hari

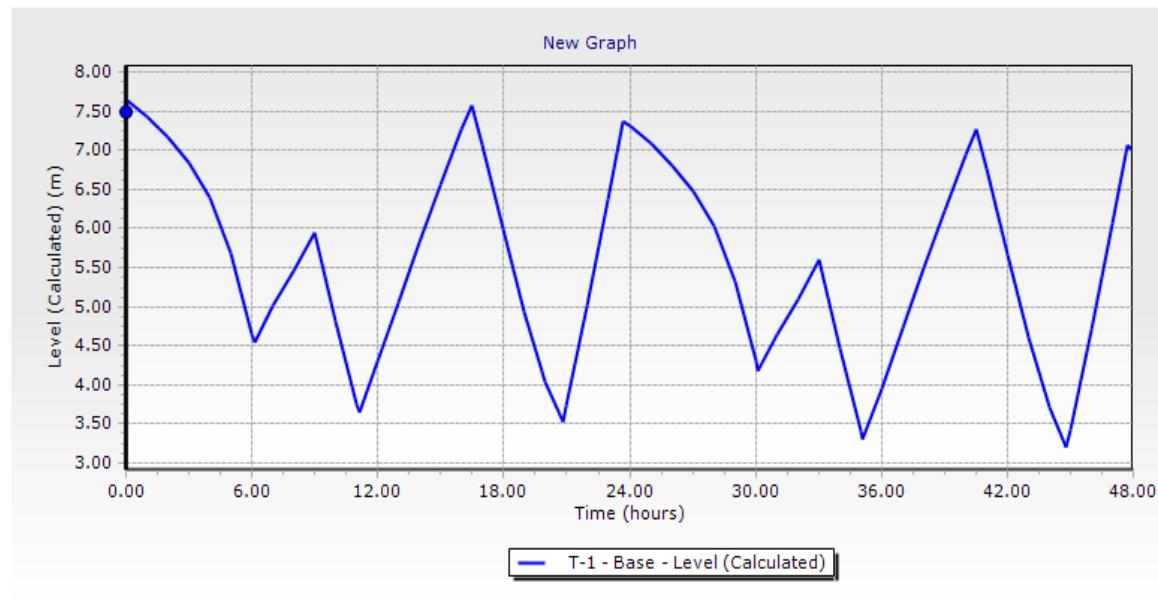
Awal	Akhir	Kondisi	Durasi Menyala
04:30	06:00	Mati	-
06:00	09:00	Menyala	3 jam

Lanjutan Tabel 2.9
Pola Operasi Pompa Pengembangan untuk 1 Hari

Awal	Akhir	Kondisi	Durasi Menyala
09:00	11:00	Mati	-
11:00	16:30	Menyala	5 jam 30 menit
16:30	20:45	Mati	-
20:45	23:40	Menyala	2 jam 55 menit
23:40	04:30	Mati	-

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 di atas menunjukkan pola penggunaan pompa dengan total penggunaan selama 11 jam 25 menit. Pompa 1 dan 2 akan mengalirkan air menuju Tandon Dieng. Pada Gambar 4.5 Menunjukkan tinggi muka air di dalam tandon yang stabil.

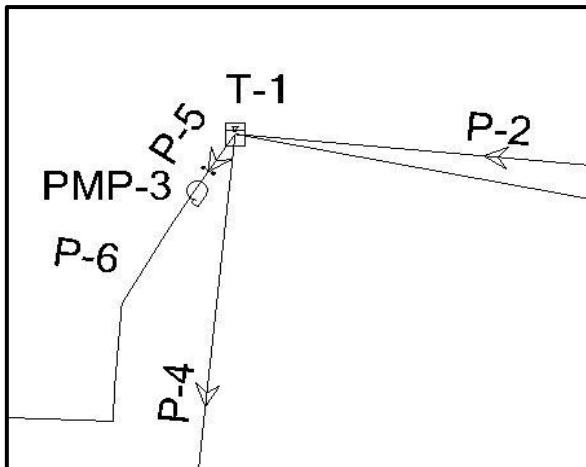


Gambar 4.5 Grafik tinggi muka air tandon
Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD v8i

Selanjutnya ditambahkan pompa baru, dimana pompa baru (PMP-3) diletakkan setelah tandon (P-5) menuju desa (P-6) seperti Gambar 4.6 . Adapun PMP-3 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

c) Pompa 3

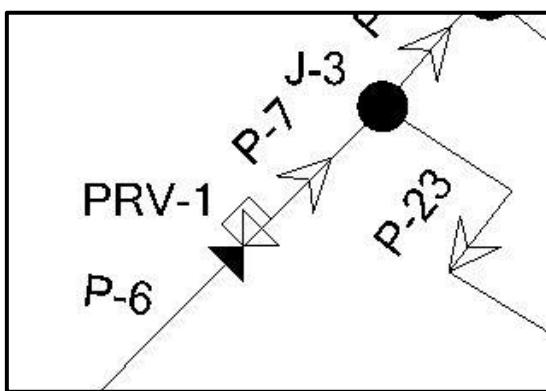
- Tipe pompa : Sentrifulgar
- Head pompa : 59 m
- Kapasitas : 9 liter/dt
- Efisiensi : 59%
- Letak : Tandon Dieng
- Jam kerja : 24 jam



Gambar 4.6 Perletakan pompa pengembangan
Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

4.6.2 Analisa Kondisi Aliran pada Pressure Reducer Valve (PRV)

Pada studi ini menggunakan 1 buah *Pressure Reducer Valve* (PRV). PRV-1 terletak di pipa antara pompa 3 menuju junction 3 seperti pada Gambar 4.7. Berikut ini hasil simulasi PRV-1 hasil simulasi dengan bantuan *software WaterCAD V8i* dapat dilihat pada Tabel 4.10 dengan nilai *Pressure Lost* tertinggi sebesar 4,4 atm.



Gambar 4.7 Perletakan PRV
Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

Tabel 4.10
Hasil Simulasi PRV-1

Waktu (Jam)	Debit (liter/dt)	Pressure Loss (atm)
0	2	4,3
1	3	4,4
2	3	4,3
3	5	4,1
4	7	3,8
5	11	2,6
6	12	0,7
7	13	0
8	12	0
9	12	0

Lanjutan Tabel 4.10
Hasil Simulasi PRV-1

Waktu (Jam)	Debit (liter/dt)	Pressure Loss (atm)
10	11	0
11	10	0,07
12	10	0,4
13	10	0,8
14	10	0,8
15	10	1,2
16	10	1,3
17	11	1,3
18	11	1,2
19	9	0,9
20	7	1,0
21	4	0,5
22	3	0,5
23	4	1,5
24	2	2,7

Sumber : Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

4.6.3 Analisa Simulasi Tidak Permanen pada Jaringan Pipa Tahun 2037

Berikut hasil simulasi aliran pada pipa kondisi pengembangan pada jam 00.00 dan jam puncak yaitu jam 07:00:

Tabel 4.11

Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Jam 00:00 Kondisi Pengembangan (2037)

Pipa	Diameter (In)	Material	Panjang Pipa (m)	Kecepatan (m/dt)	Syarat Kecepatan (m/dt)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-1	8	GI	3	0,5	0,1 - 2,5	1,04	0 - 15	Memenuhi
P-2	8	GI	517	0,5	0,1 - 2,5	1,04	0 - 15	Memenuhi
P-3	4	PVC	408	0,2	0,1 - 2,5	0,28	0 - 15	Memenuhi
P-4	5	PVC	5.824	0,1	0,1 - 2,5	0,11	0 - 15	Memenuhi
P-5	5	PVC	22	0,2	0,1 - 2,5	0,3	0 - 15	Memenuhi
P-6	5	PVC	1.892	0,2	0,1 - 2,5	0,3	0 - 15	Memenuhi
P-7	5	PVC	67	0,2	0,1 - 2,5	0,3	0 - 15	Memenuhi
P-8	5	PVC	39	0,2	0,1 - 2,5	0,29	0 - 15	Memenuhi
P-9	5	PVC	155	0,2	0,1 - 2,5	0,27	0 - 15	Memenuhi
P-10	5	PVC	54	0,2	0,1 - 2,5	0,23	0 - 15	Memenuhi
P-11	5	PVC	171	0,1	0,1 - 2,5	0,2	0 - 15	Memenuhi
P-12	4	PVC	212	0,2	0,1 - 2,5	0,43	0 - 15	Memenuhi
P-13	4	PVC	371	0,2	0,1 - 2,5	0,35	0 - 15	Memenuhi
P-14	4	PVC	246	0,2	0,1 - 2,5	0,3	0 - 15	Memenuhi
P-15	4	PVC	276	0,1	0,1 - 2,5	0,26	0 - 15	Memenuhi
P-16	4	PVC	237	0,1	0,1 - 2,5	0,19	0 - 15	Memenuhi
P-17	4	PVC	47	0,1	0,1 - 2,5	0,18	0 - 15	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.11
Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Jam 00:00 Kondisi Pengembangan (2037)

Pipa	Diameter (In)	Material	Panjang Pipa (m)	Kecepatan (m/dt)	Syarat Kecepatan (m/dt)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-18	3	PVC	183	0,2	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-19	3	PVC	454	0,2	0,1 - 2,5	0,49	0 - 15	Memenuhi
P-20	3	PVC	613	0,1	0,1 - 2,5	0,2	0 - 15	Memenuhi
P-21	2	PVC	157	0,1	0,1 - 2,5	0,58	0 - 15	Memenuhi
P-22	2	PVC	113	0,1	0,1 - 2,5	0,3	0 - 15	Memenuhi
P-23	1	PVC	163	0,1	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-24	1,5	PVC	195	0,1	0,1 - 2,5	0,26	0 - 15	Memenuhi
P-25	1	PVC	134	0,1	0,1 - 2,5	0,46	0 - 15	Memenuhi
P-26	1	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,59	0 - 15	Memenuhi
P-27	1,5	PVC	150	0,1	0,1 - 2,5	0,66	0 - 15	Memenuhi
P-28	2	PVC	247	0,1	0,1 - 2,5	0,25	0 - 15	Memenuhi
P-29	1	PVC	223	0,1	0,1 - 2,5	0,54	0 - 15	Memenuhi
P-30	1	PVC	174	0,1	0,1 - 2,5	0,5	0 - 15	Memenuhi
P-31	1	PVC	189	0,1	0,1 - 2,5	0,54	0 - 15	Memenuhi
P-32	2	PVC	223	0,1	0,1 - 2,5	0,51	0 - 15	Memenuhi
P-33	1,3	PVC	237	0,1	0,1 - 2,5	0,57	0 - 15	Memenuhi
P-34	1	PVC	207	0,1	0,1 - 2,5	0,59	0 - 15	Memenuhi
P-35	1,5	PVC	223	0,1	0,1 - 2,5	0,65	0 - 15	Memenuhi
P-36	1,5	PVC	567	0,1	0,1 - 2,5	0,39	0 - 15	Memenuhi
P-37	1,3	PVC	249	0,1	0,1 - 2,5	0,42	0 - 15	Memenuhi
P-38	1,3	PVC	124	0,1	0,1 - 2,5	0,51	0 - 15	Memenuhi
P-39	1,3	PVC	269	0,1	0,1 - 2,5	0,42	0 - 15	Memenuhi
P-40	1	PVC	57	0,1	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-41	1	PVC	151	0,1	0,1 - 2,5	0,52	0 - 15	Memenuhi
P-42	1,5	PVC	145	0,1	0,1 - 2,5	0,56	0 - 15	Memenuhi
P-43	1	PVC	108	0,1	0,1 - 2,5	0,58	0 - 15	Memenuhi
P-44	1	PVC	178	0,1	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-45	1	PVC	156	0,1	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-46	1	PVC	83	0,1	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-47	1	PVC	179	0,1	0,1 - 2,5	0,64	0 - 15	Memenuhi
P-48	1,3	PVC	301	0,1	0,1 - 2,5	0,38	0 - 15	Memenuhi
P-49	1,3	PVC	333	0,1	0,1 - 2,5	0,38	0 - 15	Memenuhi
P-50	1,5	PVC	177	0,1	0,1 - 2,5	0,6	0 - 15	Memenuhi
P-51	1,3	PVC	273	0,1	0,1 - 2,5	0,6	0 - 15	Memenuhi
P-52	1	PVC	169	0,1	0,1 - 2,5	0,5	0 - 15	Memenuhi
P-53	1	PVC	155	0,1	0,1 - 2,5	0,55	0 - 15	Memenuhi
P-54	1,3	PVC	191	0,1	0,1 - 2,5	0,51	0 - 15	Memenuhi
P-55	1	PVC	245	0,1	0,1 - 2,5	0,67	0 - 15	Memenuhi
P-56	2	PVC	200	0,1	0,1 - 2,5	0,23	0 - 15	Memenuhi
P-57	2	PVC	275	0,1	0,1 - 2,5	0,22	0 - 15	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

Tabel 4.12
Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Jam 07:00 Kondisi Pengembangan (2037)

Pipa	Diameter (In)	Material	Panjang Pipa (m)	Kecepatan (m/dt)	Syarat Kecepatan (m/dt)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-1	8	GI	3	0,5	0,1 - 2,5	1,09	0 - 15	Memenuhi
P-2	8	GI	517	0,5	0,1 - 2,5	1,09	0 - 15	Memenuhi
P-3	4	PVC	408	0,8	0,1 - 2,5	6,73	0 - 15	Memenuhi
P-4	5	PVC	5.824	0,6	0,1 - 2,5	2,63	0 - 15	Memenuhi
P-5	5	PVC	22	1	0,1 - 2,5	7,1	0 - 15	Memenuhi
P-6	5	PVC	1.892	1	0,1 - 2,5	7,1	0 - 15	Memenuhi
P-7	5	PVC	67	1	0,1 - 2,5	7,1	0 - 15	Memenuhi
P-8	5	PVC	39	1	0,1 - 2,5	6,82	0 - 15	Memenuhi
P-9	5	PVC	155	0,9	0,1 - 2,5	6,32	0 - 15	Memenuhi
P-10	5	PVC	54	0,9	0,1 - 2,5	5,54	0 - 15	Memenuhi
P-11	5	PVC	171	0,8	0,1 - 2,5	4,65	0 - 15	Memenuhi
P-12	4	PVC	212	1,1	0,1 - 2,5	10,14	0 - 15	Memenuhi
P-13	4	PVC	371	0,9	0,1 - 2,5	8,17	0 - 15	Memenuhi
P-14	4	PVC	246	0,9	0,1 - 2,5	6,99	0 - 15	Memenuhi
P-15	4	PVC	276	0,8	0,1 - 2,5	6,2	0 - 15	Memenuhi
P-16	4	PVC	237	0,7	0,1 - 2,5	4,57	0 - 15	Memenuhi
P-17	4	PVC	47	0,7	0,1 - 2,5	4,15	0 - 15	Memenuhi
P-18	3	PVC	183	1,1	0,1 - 2,5	14,25	0 - 15	Memenuhi
P-19	3	PVC	454	0,9	0,1 - 2,5	11,56	0 - 15	Memenuhi
P-20	3	PVC	613	0,6	0,1 - 2,5	4,72	0 - 15	Memenuhi
P-21	2	PVC	157	0,8	0,1 - 2,5	13,82	0 - 15	Memenuhi
P-22	2	PVC	113	0,6	0,1 - 2,5	7,13	0 - 15	Memenuhi
P-23	1	PVC	163	0,5	0,1 - 2,5	14,23	0 - 15	Memenuhi
P-24	1,5	PVC	195	0,4	0,1 - 2,5	6,2	0 - 15	Memenuhi
P-25	1	PVC	134	0,5	0,1 - 2,5	10,86	0 - 15	Memenuhi
P-26	1	PVC	150	0,5	0,1 - 2,5	13,99	0 - 15	Memenuhi
P-27	1,5	PVC	150	0,7	0,1 - 2,5	14,51	0 - 15	Memenuhi
P-28	2	PVC	247	0,5	0,1 - 2,5	5,7	0 - 15	Memenuhi
P-29	1	PVC	223	0,5	0,1 - 2,5	12,92	0 - 15	Memenuhi
P-30	1	PVC	174	0,5	0,1 - 2,5	12,32	0 - 15	Memenuhi
P-31	1	PVC	189	0,5	0,1 - 2,5	12,92	0 - 15	Memenuhi
P-32	2	PVC	223	0,8	0,1 - 2,5	12,36	0 - 15	Memenuhi
P-33	1,3	PVC	237	0,6	0,1 - 2,5	13,42	0 - 15	Memenuhi
P-34	1	PVC	207	0,5	0,1 - 2,5	13,82	0 - 15	Memenuhi
P-35	1,5	PVC	223	0,7	0,1 - 2,5	14,57	0 - 15	Memenuhi
P-36	1,5	PVC	567	0,5	0,1 - 2,5	9,27	0 - 15	Memenuhi
P-37	1,3	PVC	249	0,5	0,1 - 2,5	9,89	0 - 15	Memenuhi
P-38	1,3	PVC	124	0,6	0,1 - 2,5	12,01	0 - 15	Memenuhi
P-39	1,3	PVC	269	0,5	0,1 - 2,5	9,89	0 - 15	Memenuhi
P-40	1	PVC	57	0,3	0,1 - 2,5	4,24	0 - 15	Memenuhi
P-41	1	PVC	151	0,5	0,1 - 2,5	12,24	0 - 15	Memenuhi
P-42	1,5	PVC	145	0,7	0,1 - 2,5	13,28	0 - 15	Memenuhi
P-43	1	PVC	108	0,5	0,1 - 2,5	13,7	0 - 15	Memenuhi
P-44	1	PVC	178	0,3	0,1 - 2,5	4,24	0 - 15	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.12

Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Jam 07:00 Kondisi Pengembangan (2037)

Pipa	Diameter (In)	Material	Panjang Pipa (m)	Kecepatan (m/dt)	Syarat Kecepatan (m/dt)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P-45	1	PVC	156	0,3	0,1 - 2,5	4,24	0 - 15	Memenuhi
P-46	1	PVC	83	0,3	0,1 - 2,5	4,24	0 - 15	Memenuhi
P-47	1	PVC	179	0,3	0,1 - 2,5	4,24	0 - 15	Memenuhi
P-48	1,3	PVC	301	0,5	0,1 - 2,5	8,99	0 - 15	Memenuhi
P-49	1,3	PVC	333	0,5	0,1 - 2,5	8,99	0 - 15	Memenuhi
P-50	1,5	PVC	177	0,7	0,1 - 2,5	14,14	0 - 15	Memenuhi
P-51	1,3	PVC	273	0,6	0,1 - 2,5	14,18	0 - 15	Memenuhi
P-52	1	PVC	169	0,5	0,1 - 2,5	11,81	0 - 15	Memenuhi
P-53	1	PVC	155	0,5	0,1 - 2,5	13,02	0 - 15	Memenuhi
P-54	1,3	PVC	191	0,6	0,1 - 2,5	12,15	0 - 15	Memenuhi
P-55	1	PVC	245	0,6	0,1 - 2,5	14,96	0 - 15	Memenuhi
P-56	2	PVC	200	0,5	0,1 - 2,5	5,45	0 - 15	Memenuhi
P-57	2	PVC	275	0,5	0,1 - 2,5	5,14	0 - 15	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi Software WaterAD V8i

Hasil simulasi aliran pipa pada kondisi pengembangan pada jam ke 00:00 dan jam 07:00 diatas, diketahui bahwa :

- *Headloss gradient* masih memenuhi kriteria perencanaaan yaitu berada diantara nilai 0,11–14,96 m/km. Dengan nilai 0,11 berada di P-4 pada pukul 00.00 dan 14,92 berada di P-55 pada pukul 07.00 Peningkatan atau penurunan nilai *headloss gradient* dipengaruhi oleh besarnya nilai kecepatan..
- Kecepatan aliran di dalam pipa masih memenuhi kriteria perencanaan dengan nilai berada di antara 0,1-1,1 m/dt. Adanya perbedaan kecepatan tiap pipa disebabkan oleh kapasitas debit yang dialirkan oleh sumber dan juga diameter pipa

Untuk mencocokkan hasil simulasi menggunakan *software* dengan perhitungan secara manual, maka dilakukan perhitungan *headloss gradient* dan kecepatan di pipa P-57 pada jam 00:00. Berikut adalah contoh perhitungan:

Contoh perhitungan *headloss gradient* dan kecepatan di pipa P-57 pada jam 00.00 diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Pipa} &= 275 \text{ m} \\
 Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} &= 0,62 \text{ l/dt} \\
 Q_{\text{Outflow}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer} \\
 &= 0,62 \times (0,25+0,31)/2 \\
 &= 0,17/\text{dt} \\
 &= 0,000171 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 \text{Chw} &= 150
 \end{aligned}$$

Diameter pipa = 2 inch = 0,0508 m

Penyelesaian :

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

$$k = \frac{10,7 \times L}{C h w^{1,85} \times D^{4,87}}$$

$$= \frac{10,7 \times 275}{150^{1,85} \times 0,0508^{4,87}}$$

$$= 556.405,4$$

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

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

$$= 556.405,4 \cdot 0,000171^{1,85}$$

$$= 0,5944 \text{ m}$$

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

$$= 0,5944 / 275$$

$$= 0,000216 \text{ m/m}$$

$$= 0,216 \text{ m/km}$$

Tabel 4.13

Hasil Evaluasi Headloss Gradient dalam Pipa Distribusi P-57 Saat Kondisi Pengembangan selama 24 jam

Jam	Syarat Headloss Gradient m/km	Headloss Gradient m/km
0	0-15	0,22
1	0-15	0,31
2	0-15	0,44
3	0-15	0,75
4	0-15	1,87
5	0-22	3,6
6	0-15	4,66
7	0-15	5,14
8	0-15	4,81
9	0-15	4,28
10	0-15	3,87
11	0-15	3,4
12	0-15	3,07
13	0-15	3
14	0-15	3,1
15	0-15	3,22
16	0-15	3,55
17	0-15	3,98
18	0-15	3,81

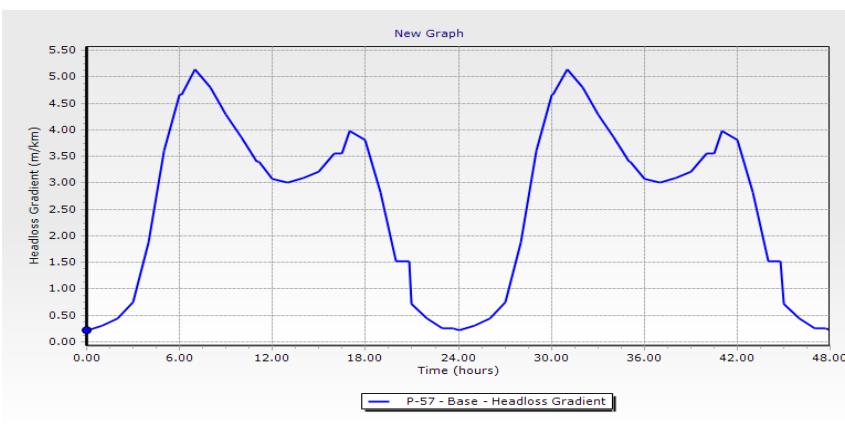
Lanjutan Tabel 4.13

Hasil Evaluasi Headloss Gradient dalam Pipa Distribusi P-57

Jam	Syarat Headloss Gradient m/km	Headloss Gradient m/km
19	0-15	2,81
20	0-15	1,52
21	0-15	0,72
22	0-15	0,44
23	0-15	0,26
24	0-15	0,22

Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

Dari hasil simulasi program WaterCAD V8i *headloss gradient* selama 24 jam pipa distribusi P-57 memenuhi kriteria. *Headloss Gradient* tertinggi terjadi pada jam 07.00 pagi yaitu 5,14 m dan *headloss gradient* terendah terjadi pada jam 00.00 yaitu 0,22 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 pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Grafik fluktuasi Headloss Gradient P-57

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

➤ Contoh Perhitungan kecepatan pada pipa P-57 pada jam 00.00:

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

$$\begin{aligned} S_f &= Hf / L \\ &= 0,05944 / 275 \\ &= 0,000216 \text{ m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_i &= D/4 \\ &= 0,0508 / 4 \\ &= 0,0127 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_i &= 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54} \\ &= 0,85 \cdot 150 \cdot (0,0127)^{0,63} \cdot (0,000216)^{0,54} \end{aligned}$$

$$= 0,1 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan pada pipa distribusi air bersih P-57 memiliki nilai yang sama dengan hasil program *WaterCAD V8i*. Di bawah ini adalah Tabel kecepatan pipa P-57 selama 24 jam.

Tabel 4.14

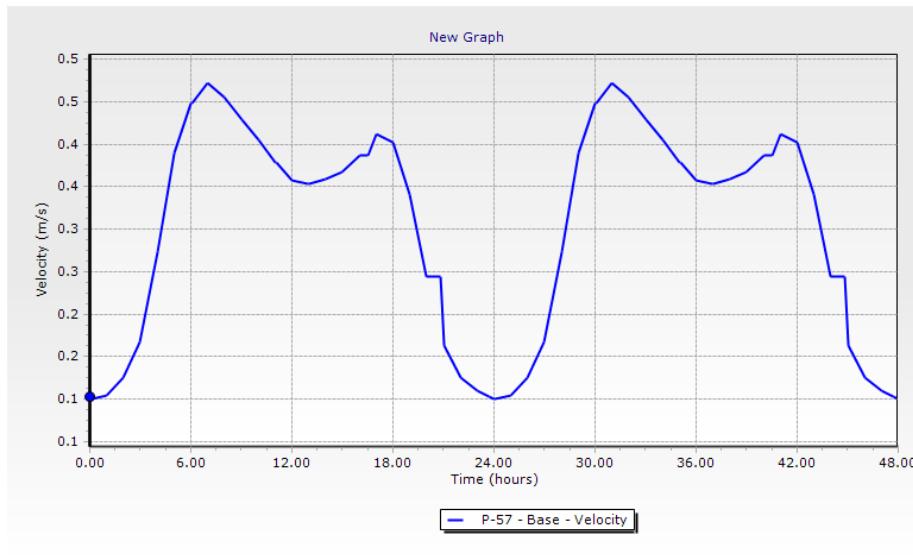
Hasil Evaluasi Kecepatan dalam Pipa Distribusi P-57 Saat Kondisi Pengembangan selama 24 jam

Jam	Syarat kecepatan m/s	Kecepatan m/s	Keterangan
0	0,1-2,5	0,1	Memenuhi
1	0,1-2,5	0,1	Memenuhi
2	0,1-2,5	0,1	Memenuhi
3	0,1-2,5	0,2	Memenuhi
4	0,1-2,5	0,3	Memenuhi
5	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
6	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
7	0,1-2,5	0,5	Memenuhi
8	0,1-2,5	0,5	Memenuhi
9	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
10	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
11	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
12	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
13	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
14	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
15	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
16	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
17	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
18	0,1-2,5	0,4	Memenuhi
19	0,1-2,5	0,3	Memenuhi
20	0,1-2,5	0,2	Memenuhi
21	0,1-2,5	0,2	Memenuhi
22	0,1-2,5	0,1	Memenuhi
23	0,1-2,5	0,1	Memenuhi
24	0,1-2,5	0,1	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Kecepatan pada pipa distribusi P-57 selama 24 jam memenuhi kriteria kecepatan. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat jam puncak yaitu pada pukul 07.00 dengan kecepatan 0,5 m/s namun pada jam 00.00 kecepatan menjadi kecil yaitu kecepatan 0,1 m/s. Berikut

ini kecepatan distribusi air bersih pada P-57 dapat disajikan pada grafik pada Gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.9 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-57
Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD V8i

Untuk hasil kondisi aliran pada pengembangan dengan *software* WaterCAD V8i selengkapnya disajikan pada Lampiran-I.

4.6.4 Analisa Tekanan pada Titik Simpul Kondisi Pengembangan Tahun 2037

Berikut hasil simulasi aliran pada titik simpul (*junction*) pada jam 00.00 dan jam puncak yaitu jam 07:00 untuk tahun 2037:

Tabel 4.15
Hasil Simulasi Tekanan pada Titik Simpul Jam 00:00 Kondisi Pengembangan (2037)

Junction	Elevasi	Tinggi Hidraulik (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-1	187	217,38	2,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-2	177	216,85	3,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-3	188	250,12	6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-4	188	250,11	6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-5	189,5	250,07	5,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-6	190	250,06	5,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-7	192	250,02	5,6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-8	193	249,93	5,5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-9	195	249,8	5,3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-10	195,5	249,73	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-11	196	249,66	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-12	196,5	249,61	5,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-13	196,5	249,6	51	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-14	197	249,49	5,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-15	198	249,26	5	0,50 - 8,00	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.15
Hasil Simulasi Tekanan pada Titik Simpul Jam 00:00 (2037)

Junction	Elevasi	Tinggi Hidraulis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-16	199	249,14	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-17	199	249,05	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-18	200	249,02	4,7	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-19	187	250,02	6,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-20	188,5	250,06	5,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-21	187	250	6,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-22	189	249,97	5,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-23	190	249,99	5,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-24	189	249,87	5,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-25	192	249,91	5,6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-26	190	249,77	5,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-27	193	249,79	5,5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-28	194	249,58	5,4	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-29	195,5	249,63	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-30	195,5	249,51	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-31	195	249,5	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-32	195,5	249,51	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-33	196	249,58	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-34	196,5	249,58	5,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-35	196	249,58	5,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-36	197	249,58	5,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-37	196,5	249,45	5,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-38	197,5	249,47	5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-39	198,5	249,15	4,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-40	198	249,14	4,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-41	199	249,04	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-42	199	248,87	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-43	198	248,79	4,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-44	199	248,95	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-45	199	248,97	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-46	198	248,91	4,9	0,50 - 8,00	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi *Software WaterCAD V8i*

Tabel 4.16
Hasil Simulasi Tekanan pada Titik Simpul Jam 07:00 Kondisi Pengembangan (2037)

Junction	Elevasi	Tinggi Hidraulis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-1	187	212,27	2,4	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-2	177	199,68	2,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-3	188	239,85	5	0,50 - 8,00	Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.16
Hasil Simulasi Tekanan pada Titik Simpul Jam 07:00 Kondisi (2037)

Junction	Elevasi	Tinggi Hidraulis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
J-4	188	239,59	5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-5	189,5	238,61	4,7	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-6	190	238,3	4,7	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-7	192	237,51	4,4	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-8	193	235,36	4,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-9	195	232,32	3,6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-10	195,5	230,6	3,4	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-11	196	228,89	3,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-12	196,5	227,81	3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-13	196,5	227,62	3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-14	197	224,82	2,7	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-15	198	219,57	2,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-16	199	216,68	1,7	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-17	199	214,51	1,5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-18	200	213,7	1,3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-19	187	237,37	4,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-20	188,5	238,38	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-21	187	236,92	4,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-22	189	236,28	4,6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-23	190	236,9	4,5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-24	189	234,02	4,3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-25	192	234,75	4,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-26	190	231,57	4	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-27	193	231,89	3,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-28	194	227,07	3,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-29	195,5	228,14	3,2	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-30	195,5	225,48	2,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-31	195	225,24	2,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-32	195,5	225,5	2,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-33	196	22697	3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-34	196,5	227,04	3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-35	196	227,06	3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-36	197	226,95	2,9	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-37	196,5	224,06	2,7	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-38	197,5	224,47	2,6	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-39	198,5	216,86	1,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-40	198	216,58	1,8	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-41	199	214,18	1,5	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-42	199	210,3	1,1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-43	198	208,28	1	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-44	199	212,19	1,3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-45	199	212,61	1,3	0,50 - 8,00	Memenuhi
J-46	198	211,2	1,3	0,50 - 8,00	Memenuhi

Sumber: Hasil Simulasi Software WaterCAD V8i

Berdasarkan Tabel 4.15 dan 4.16 hasil simulasi tekanan titik simpul pada kondisi pengembangan jam ke 07:00 diatas, dapat disimpulkan. Tekanan tertinggi diperoleh pada jam 00.00 yaitu sebesar 6,1 atm sedangkan tekanan terendah diperoleh pada jam 07.00 sebesar 1 atm. Tekanan tiap titik simpul (*Junction*) sudah memenuhi kriteria perencanaan. Adanya perbedaan tekanan tiap titik simpul disebabkan oleh kapasitas debit yang dialirkan, elevasi dan juga diameter pipa.

Untuk mencocokkan hasil simulasi menggunakan *software* dengan perhitungan secara manual, maka dilakukan perhitungan tekanan di *junction* 46 pada jam 07:00. Berikut adalah contoh perhitungan:

Diketahui:

$$\text{Elevasi J-46} = 198 \text{ m}$$

$$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} = 6,2 \text{ liter/dt}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{outflow jam ke 8:00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer} \\ &= 6,2 \times (0,25+0,31)/2 \\ &= 1,736 \text{ liter/dt} \end{aligned}$$

$$C_{\text{hw}} = 150$$

$$\text{Panjang pipa} = 275 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 2 \text{ inch} = 0,0508 \text{ m}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} k &= \frac{10,7 \times L}{Chw^{1,85} \times D^{4,87}} \\ &= \frac{10,7 \times 275}{150^{1,85} \times 0,0508^{4,87}} \\ &= 556.405,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hf &= k \cdot Q^{1,85} \\ &= 556.405,4 \cdot 0,000171^{1,85} \\ &= 0,594 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss gradient} &= hf/ L \\ &= 0,5944/ 275 \\ &= 0,000216 \text{ m/m} \\ &= 0,216 \text{ m/km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan} &= \text{Hydraulic grade} - \text{elevasi junction} - Hf - \text{Pressure loss} \\ &= 211,2 - 198 - 0,5944 - 0,2 \\ &= 12,9 \text{ m} = 1,29 \text{ atm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan secara manual didapat tekanan sebesar 1,29 atm, hasil tersebut sama dengan simulasi menggunakan *software* WaterCAD. Untuk hasil simulasi titik simpul kondisi pengembangan dengan *software* WaterCAD V8i selengkapnya disajikan pada Lampiran-I.

4.7 Anggaran Biaya Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih

Dalam studi ini membahas tentang rencana anggaran biaya untuk Pengembangan jaringan distribusi air bersih Desa Sukoraharjo. Daftar harga satuan bahan dan harga satuan pekerja mengacu pada standar harga satuan PDAM Kabupaten Malang (Lampiran) dan perhitungan harga pekerjaan mengacu pada AHSP PU Ciptakarya 2018. Berikut adalah rencana anggaran biaya yang disajikan dalam Tabel 4.17:

Jenis Pekerjaan : Penggalian 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

Satuan : m³

Tabel 4.17

Penggalian 1 m³ Tanah Biasa Sedalam 1 m

No A	Uraian Tenaga	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerja	OH	0,4	90.000	36.000
2	Mandor	OH	0,04	126.500	5.060
		JUMLAH TENAGA KERJA			41.060
B	BAHAN				—
		JUMLAH HARGA BAHAN			—
C	PERALATAN				—
		JUMLAH HARGA PERALATAN			—
		TOTAL JUMLAH A-B-C		Rp	41.060

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pengurukan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m

Satuan : m³

Tabel 4.18

Pengurukan 1 m³ Tanah Biasa Sedalam 1 m

No A	Uraian TENAGA	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerja	OH	0,2	90.000	18.000
2	Mandor	OH	0,05	126.500	6.325
		JUMLAH TENAGA KERJA			17.038
B	BAHAN				—
		JUMLAH HARGA BAHAN			—
C	PERALATAN				—
		JUMLAH HARGA PERALATAN			—
		TOTAL JUMLAH A-B-C		Rp	17.038

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pengurugan 1 m³ pasir urug
 Satuan : m³

Tabel 4.19
Pengurugan 1 m³ Pasir Urug

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,3	90.000	22.500
2	Mandor	OH	0,01	126.500	3162
JUMLAH TENAGA KERJA					25663
B BAHAN					
1	Pasir Urug	m ³	1,2	255000	306000
JUMLAH HARGA BAHAN					—
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					—
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 157.248

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemadatan 1 m³ tanah biasa sedalam 1 m
 Satuan : m³

Tabel 4.20
Pemadatan 1 m³ Tanah Biasa Sedalam 1 m

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,25	90.000	22.500
2	Mandor	OH	0,025	126.500	3.162
JUMLAH TENAGA KERJA					25.663
B BAHAN					
JUMLAH HARGA BAHAN					—
C PERALATAN					
JUMLAH HARGA PERALATAN					—
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 25.663

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)
 Satuan : meter

Tabel 4.21
Pemasangan Pipa PVC AW 5 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA			(Rp)	(Rp)
1	Pekerja	OH	0,081	90.000	7.290
2	Mandor	OH	0,004	126.500	506
3	Kepala tukang	OH	0,0135	115.500	1.559
	JUMLAH TENAGA KERJA				6.420
B	BAHAN				
1	Pipa PVC AW 5 inch	m	1.2	127.800	153.360
	JUMLAH HARGA BAHAN				153.360
C	PERALATAN				
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	127.800	44.730
	JUMLAH HARGA PERALATAN				44.730
	TOTAL JUMLAH A-B-C				Rp 207.445

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.22

Pemasangan Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	TENAGA			(Rp)	(Rp)
1	Pekerja	OH	0,081	90.000	7.290
2	Mandor	OH	0,004	126.500	506
3	Kepala tukang	OH	0,0135	115.500	1.559
	JUMLAH TENAGA KERJA				9.355
B	BAHAN				
1	Pipa PVC AW 4 inch (4 meter)	M	1,2	91.200	109.440
	JUMLAH HARGA BAHAN				109.440
C	PERALATAN				
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	91.200	31.920
	JUMLAH HARGA PERALATAN				31.920
	TOTAL JUMLAH A-B-C				Rp 150.715

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 3 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.23
Pemasangan Pipa PVC AW 3 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0,081	90.000	7.290
2	Mandor	OH	0,004	126.500	506
3	Kepala tukang	OH	0,0135	115.500	1.559
	JUMLAH TENAGA KERJA				
B	BAHAN				
	Pipa PVC AW 3 inch (4 meter)	M	1,2	62.500	75.000
	JUMLAH HARGA BAHAN				
C	PERALATAN				
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	91.200	21.875
	JUMLAH HARGA PERALATAN				
	TOTAL JUMLAH				
	A-B-C				
				Rp	106.230

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.24

Pemasangan Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0,054	90.000	4.860
2	Mandor	OH	0,003	126.500	380
3	Kepala tukang	OH	0,009	115.500	1.040
	JUMLAH TENAGA KERJA				
B	BAHAN				
	Pipa PVC AW 2 inch (4 meter)	M	1,2	34.100	40.920
	JUMLAH HARGA BAHAN				
C	PERALATAN				
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	34.100	11.935
	JUMLAH HARGA PERALATAN				
	TOTAL JUMLAH				
	A-B-C				
				Rp	59.134

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.25
Pemasangan Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,054	90.000	4.860
2	Mandor	OH	0,003	126.500	380
3	Kepala tukang	OH	0,009	115.500	1.040
					6.279
JUMLAH TENAGA KERJA					
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 1,5 inch (4 meter)	M	1,2	74.400	89.280
					27.600
JUMLAH HARGA BAHAN					
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	23.000	8.050
					8.050
JUMLAH HARGA PERALATAN					
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 41.929

Sumber : Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)

Satuan : meter

Tabel 4.26

Pemasangan Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,036	90.000	3.240
2	Mandor	OH	0,002	126.500	253
3	Kepala tukang	OH	0,006	115.500	693
					4.186
JUMLAH TENAGA KERJA					
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)	M	1,2	15.900	19.080
					19.080
JUMLAH HARGA BAHAN					
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	15.900	5.565
					5.565
JUMLAH HARGA PERALATAN					
TOTAL JUMLAH A-B-C					Rp 28.831

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.27
Pemasangan Pipa PVC AW 1 inch (4 meter)

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan(Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA					
1	Pekerja	OH	0,036	60.000	2.160
2	Mandor	OH	0,002	100.755	202
3	Kepala tukang	OH	0,006	85.700	514
JUMLAH TENAGA KERJA					2.876
B BAHAN					
1	Pipa PVC AW 1,25 inch (4 meter)	M	1,2	12.400	14.880
JUMLAH HARGA BAHAN					14.880
C PERALATAN					
1	Perlengkapan pipa		35% Harga pipa	12.400	4.340
JUMLAH HARGA PERALATAN					4.340
TOTAL JUMLAH A-B-C				Rp	22.096

Sumber : Hasil Perhitungan

RENCANA ANGGARAN BIAYA
PERENCANAAN JARINGA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH
DI DESA SUKORAHARJO KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN MALANG

No	Nama kegiatan Lokasi	Perencanaan Jaringa Pipa Distribusi Air Bersih Desa Sukoraharjo Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang						
		Jenis Pekerjaan	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Jumlah		
A. PENGADAAN PIPA DAN AKSESORIS PIPA								
I Pipa dan Aksesoris Pipa								
1	Pengadaan Pipa PVC 5 inch (4 meter)	600	Buah	Rp	207.445	Rp	124.467.150	
2	Pengadaan Pipa PVC 4 inch (4 meter)	347	Buah	Rp	150.715	Rp	52.335.871	
3	Pengadaan Pipa PVC 3 inch (4 meter)	313	Buah	Rp	106.230	Rp	33.196.953	
4	Pengadaan Pipa PVC 2 inch (4 meter)	304	Buah	Rp	59.134	Rp	17.961.953	
5	Pengadaan Pipa PVC 1,5 inch (4 meter)	364	Buah	Rp	41.929	Rp	15.272.638	
7	Pengadaan Pipa PVC 1,25 inch (4 meter)	658	Buah	Rp	28.831	Rp	18.956.383	
8	Pengadaan Pipa PVC 1 inch (4 meter)	517	Buah	Rp	22.096	Rp	11.423.482	
9	Socket PVC 5"	150	Buah	Rp	83.400	Rp	12.510.000	
10	Socket PVC 4"	87	Buah	Rp	56.300	Rp	4.887.544	
11	Socket PVC 3"	78	Buah	Rp	28.400	Rp	2.218.750	
12	Socket PVC 2"	76	Buah	Rp	11.700	Rp	888.469	
13	Socket PVC 1,5"	91	Buah	Rp	7.400	Rp	673.863	
14	Socket PVC 1,25"	124	Buah	Rp	5.200	Rp	854.750	
15	Socket PVC 1"	170	Buah	Rp	3.000	Rp	387.750	
16	Tee 6"	5	Buah	Rp	234.600	Rp	1.173.000	
17	Tee 4" x 3"	5	Buah	Rp	87.100	Rp	435.500	
18	Tee 3"	1	Buah	Rp	51.100	Rp	51.100	
19	Tee 2" x 1,25"	1	Buah	Rp	17.900	Rp	17.900	
20	Tee 2" x 1"	1	Buah	Rp	13.300	Rp	13.300	
21	Tee 1,5" x 1,25"	2	Buah	Rp	12.300	Rp	24.600	
22	Tee 1,5"	1	Buah	Rp	13.800	Rp	13.800	

RENCANA ANGGARAN BIAYA
PERENCANAAN JARINGA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH
DI DESA SUKORAHARJO KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN MALANG

Nama Kegiatan	Perencanaan Jaringa Pipa Distribusi Air Bersih					
	Lokasi	Desa Sukoraharjo Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang				
No	Jenis Pekerjaan	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	
	Tee 1,25" x 1"	2	Buah	Rp 9.000	Rp	18.000
	Reducing Socket (AW) 6" x 5"	11	Buah	Rp 97.800	Rp	1.075.800
	Reducing Socket (AW) 6" x 4"	1	Buah	Rp 94.300	Rp	94.300
	Reducing Socket (AW) 6" x 3"	5	Buah	Rp 85.300	Rp	426.500
	Reducing Socket (AW) 4" x 3"	2	Buah	Rp 50.600	Rp	101.200
	Reducing Socket (AW) 3" x 1,5"	6	Buah	Rp 15.800	Rp	94.800
	Reducing Socket (AW) 3" x 1,25"	1	Buah	Rp 13.200	Rp	13.200
	Reducing Socket (AW) 3" x 1"	4	Buah	Rp 12.600	Rp	50.400
	Reducing Socket (AW) 3" x 2"	3	Buah	Rp 18.400	Rp	55.200
	Reducing Socket (AW) 2" x 1,5"	2	Buah	Rp 10.600	Rp	21.200
	Reducing Socket (AW) 2" x 1,25"	2	Buah	Rp 9.500	Rp	19.000
	Reducing Socket (AW) 2" x 1"	6	Buah	Rp 8.600	Rp	51.600
	Reducing Socket (AW) 1,5" x 1"	6	Buah	Rp 6.000	Rp	36.000
	Reducing Socket (AW) 1,25" x 1"	3	Buah	Rp 4.300	Rp	12.900
	Elbow 45° 6"	2	Buah	Rp 195.700	Rp	391.400
	Elbow 90° 5"	2	Buah	Rp 105.800	Rp	211.600
	Elbow 90° 2"	1	Buah	Rp 15.000	Rp	15.000
	Elbow 90° 1"	5	Buah	Rp 3.800	Rp	19.000
	Elbow 90° 1,5"	3	Buah	Rp 9.400	Rp	28.200
	Elbow 90° 1,25"	3	Buah	Rp 6.800	Rp	20.400
	Double Tee 2"	1	Buah	Rp 16.500	Rp	16.500
	Double Tee 4"	1	Buah	Rp 84.700	Rp	84.700
	Double Tee 3" x 2"	2	Buah	Rp 24.600	Rp	49.200
	PRV 5"	1	Buah	Rp 67.348.600	Rp	67.348.600

RENCANA ANGGARAN BIAYA
PERENCANAAN JARINGA PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH
DI DESA SUKORAHARJO KECAMATAN KEPLANJEN KABUPATEN MALANG

Nama Kegiatan		Perencanaan Jaringa Pipa Distribusi Air Bersih					
Lokasi		Desa Sukoraharjo Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang					
No	Jenis Pekerjaan	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan		Jumlah	
II	PEKERJAAN TANAH						
1	Galian Tanah	7445	m ³	Rp	41.060	Rp	305.708.124
2	Pengurugan Tanah Biasa	7445	m ³	Rp	24.325	Rp	181.109.355
3	Pengurugan Pasir Urug	893	m ³	Rp	334.265	Rp	298.648.396
4	Pemadatan Tanah	3574	m ³	Rp	25.663	Rp	91.712.437
II	PENGADAAN POMPA						
	Pompa Senrifulgar Ebara 65 x 50	1	Buah	Rp	21.200.000	Rp	21.200.000
	JUMLAH						Rp 1.266.397.766
PPN 10%						Rp	126.639.777
	TOTAL JUMLAH + PPN10 %						Rp 1.393.037.543
DIBULATKAN						Rp	1.393.038.000

4.8 Analisa Ekonomi

4.8.1 Analisa Biaya (*Cost*)

Dalam analisa biaya dikelompokkan dalam 2 kelompok, yaitu biaya modal (Capital Cost) dan biaya tahunan (Annual Cost). Komponen biaya yang digunakan pada analisa yaitu berupa biaya konstruksi, biaya operasional dan pemeliharaan.

4.8.1.1 *Capital Cost*

Biaya modal terdiri dari 2 macam biaya yaitu biaya langsung dan tidak langsung.

a. *Direct Cost*

Biaya langsung adalah biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang menjadi komponen permanen hasil proyek. Sedangkan biaya konstruksi merupakan seluruh biaya yang digunakan untuk pembangunan dalam proyek ini. Dalam analisa ekonomi proyek ini menggunakan anggaran biaya dari 3 desa yaitu Desa Sukoraharjo, Desa Kemiri, dan Desa Sukorejo

Tabel 4.28

Biaya Langsung Jaringan Pipa

No	Uraian Kegiatan	Total Harga (Rp)
1	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa Desa Kemiri	Rp 839.602.654
2	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa Desa Sukorejo	Rp 864.769.217
3	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa Desa Sukoraharjo	Rp 1.266.397.766
Total		Rp 2.970.769.637
PPN 10%		Rp 297.076.964
Total + PPN 10%		Rp 3.267.846.601

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.28 didapatkan biaya konstruksi distribusi air bersih di 3 desa yaitu sebesar Rp. 3.267.846.601

b. *Indirect Cost*

Biaya tak langsung adalah biaya yang tidak terkait dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir proyek, akan tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian kegiatan proyek.

Biaya tak langsung dari pekerjaan proyek ini terdiri dari (Kodoatje, 1995:72) :

- Biaya Engineering (5% dari biaya konstruksi)
- Biaya Administrasi (2,5% dari biaya konstruksi)
- Biaya Tak Terduga (5% dari biaya konstruksi)

Perhitungan biaya modal untuk seluruh perencanaan adalah sebagai berikut :

- a) Biaya konstruksi = Rp. 2.970.769.637
- b) Biaya administrasi = $2,5\% \times \text{Rp. } 2.970.769.637$
= Rp74.269.241

- c) Biaya konsultan pengawas = 5% x Rp. 2.970.769.637
= Rp 148.538.482

d) Biaya tak terduga = 5% x Rp. 2.970.769.637
= Rp 148.538.482

e) Berikut ini adalah detail biaya tidak langsung, dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.29

Biaya Tidak Langsung Jaringan Pipa

No	Uraian Kegiatan		Total Harga
1	Biaya Konstruksi	Rp	2.970.769.637
2	Biaya Administrasi	Rp	74.269.241
3	Biaya konsultan pengawas	Rp	148.538.482
4	Biaya tak terduga	Rp	148.538.482
Total		Rp	3.342.115.842
PPN 10%		Rp	334.211.584
Total + PPN 10%		Rp	3.676.327.426

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.29 dapat diketahui bahwa biaya konstruksi sebesar Rp 3.267.846.601, untuk perhitungan selanjutnya yaitu menghitung biaya modal pertahun yang dikalikan dengan faktor suku bunga Bank Rakyat Indonesia. Bunga yang digunakan adalah 9,75%. Perhitungan biaya modal tahunan akan ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 4.30

Analisa Biaya Modal Tahunan

Tahun	Biaya (Rp)	Faktor Konversi	Biaya Pertahun
2017	Rp 5.972.627.661	(F/P), 9,75,1	1,0975
2018	Rp 5.972.627.661	(A/P), 9,75,20	0,115 Rp 466.015.860

Sumber : Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

Biaya = Rp 3.267.846.601

$$(F/P, 9, 75; 1) = 1,0975$$

$$(A/P, 9,75:20) = 0,1155$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pertahun} &= \text{biaya modal tahunan} \times (F/P), 9,75,1) \times (A/P), 9,75,20) \\
 &= Rp. 3.267.846.601 \times 1,0975 \times 0,1155 \\
 &\equiv Rp. 466.015.860
 \end{aligned}$$

4.8.1.2 Annual Cost

Biaya tahunan adalah biaya yang dikeluarkan pemilik/investor setelah proyek selesai dibangun dan mulai dimanfaatkan. biaya tahunan dikeluarkan selama usia guna rencana proyek yang dibuat pada waktu perencanaan. Berikut ini merupakan dbiaya oprasional dan pemeliharaan.

Tabel 4.31
Biaya Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Pipa

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah	Waktu (Bulan)	Harga Satuan (Rp)	Jumlah
A Honor					
1	Petugas Lapangan	3	12	Rp 1.500.000	Rp 54.000.000
B Biaya Operasional					
1	Listrik	610	12	Rp 1.352	Rp 9.896.640
2	Oli	1	12	Rp 85.000	Rp 1.020.000
Aksesoris Listrik dan Mesin					
3	Mesin	1	12	Rp 600.000	Rp 7.200.000
4	Perbaikan ringan	1	12	Rp 500.000	Rp 6.000.000
5	Meteran	1	12	Rp 100.000	Rp 1.200.000
6	Bahan Bakar	1	12	Rp 100.000	Rp 1.200.000
Biaya Pemeliharaan Rutin					
1	Pengecekan Pompa	1	3	Rp 500.000	Rp 1.500.000
2	Pengecekan Pipa dan Aksesoris Pipa	1	3	Rp 500.000	Rp 1.500.000
3	Pembersihan Menara Air	1	3	Rp 500.000	Rp 1.500.000
4	Pengecekan Genset	1	3	Rp 500.000	Rp 1.500.000
Total					
					Rp 86.516.640

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.31 merupakan tabel pekerjaan biaya operasional dan pemeliharaan jaringan distribusi air bersih. Biaya oprasional mencangkup komponen-komponen pada jaringan pipa yaitu tandon, genset, pompa, dll. Dari Tabel 4.31 didapatkan biaya oprasional dan pemeliharaan sebesar Rp 86.516.640. Setelah dilakukan perhitungan biaya operasional dan biaya pemeliharaan maka akan dilakukan perhitungan total rencana.

Tabel 4.32
Biaya Total Rencana

Tahun	Biaya Modal	Biaya O&P	Total Biaya Tahunan
2017	Rp 466.015.860	-	Rp 466.015.860
2018	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2019	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2020	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2021	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2022	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2023	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2024	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2025	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2026	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2027	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2028	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2029	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2030	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500

Lanjutan Tabel 4.32

Biaya Total Rencana

Tahun	Biaya Modal	Biaya O&P	Total Biaya Tahunan
2031	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2032	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2033	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2034	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2035	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2036	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500
2037	Rp 466.015.860	Rp 86.516.640	Rp 552.532.500

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.32 didapatkan biaya modal pada tahun pertama yaitu tahun 2017 sebesar Rp 466.015.860 dikarenakan pada tahun pertama tidak adanya biaya operasional tetapi pada tahun 2018 sampai tahun 2037 biaya modal meningkat dikarenakan adanya penambahan dari biaya oprasional dan pemeliharaan yaitu sebesar Rp 552.532.500

Contoh Perhitungan :

$$\text{Biaya modal} = \text{Rp } 466.015.860$$

$$\text{Biaya O & P} = \text{Rp } 86.516.640$$

$$\text{Total biaya tahunan} = \text{Biaya modal} + \text{Biaya O & P}$$

$$= \text{Rp } 466.015.860 + 86.516.640$$

$$= \text{Rp } 552.532.500$$

4.8.2 Analisa Benefit

Manfaat dari sebuah proyek adalah semua pemasukan keuntungan yang diperoleh selama umur proyek tersebut. Manfaat dari suatu proyek terdiri dari manfaat langsung dan manfaat tidak langsung. Apabila ditinjau dari dapat tidaknya dinilai dengan uang, maka manfaat proyek dapat dibedakan menjadi manfaat nyata dan tidak nyata (Suryanto, 2001, p.85).

4.8.2.1 Direct Benefit

Manfaat langsung dari proyek ini dapat diperoleh dari perhitungan total kebutuhan air bersih dikali dengan harga air ketika $B = C$. Berikut ini adalah contoh perhitungan manfaat dari hasil penjualan air bersih pada tahun 2017 dengan pelayanan penduduk 100%.

$$- \text{Total kebutuhan air rata-rata} = 564.652,08 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$- \text{Kehilangan air} = 112.930,416 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$- \text{Total kebutuhan air} = \text{Total kebutuhan air rata-rata} - \text{Kehilangan air}$$

$$= 564.652,08 - 112.930,416$$

$$= 451.721,664$$

$$- \text{Parameter yang dipakai B/C} = 1 \text{ sehingga } B = C$$

$$- \text{Total biaya tahunan} = \text{Rp } 552.532.500$$

- Harga air	= Total biaya tahunan / Total kebutuhan air = Rp 552.532.500/ 451.721,664 =Rp. 1.223
-Total manfaat harga air minimum	= Total kebutuhan air x harga air = 451.721,664 x Rp. 1.223 = Rp 552.532.500

4.8.2.2 *Indirect Benefit*

Manfaat tidak langsung merupakan manfaat yang dapat dinikmati secara berangsur-angsur dan dalam jangka waktu yang lama dan panjang, Manfaat tidak langsung dari proyek ini diantaranya adalah dapat memenuhi kebutuhan air bersih daerah layanan.

4.8.3 Analisa Ekonomi Harga Air

4.8.3.1 *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 inventasi.

Berikut contoh perhitungan $BCR > 1$ dengan tingkat bunga 9,75% :

• Total biaya konstruksi	= Rp 3.676.327.426
• Biaya O & P	= Rp 86.516.640
• Total kebutuhan air rata-rata	= 564.652,08 m ³ /tahun
• Total kehilangan air	= 112.930,416 m ³ /tahun
• Total kebutuhan air	= 451.721,664 m ³ /tahun
• Harga air	= Rp 1.500
• Total manfaat	= Total kebutuhan air x harga air = 451.721,664 m ³ /tahun x Rp 1.500 = Rp677.582.496 /tahun

Nilai biaya modal tahunan dengan suku bunga 9,75% = Rp. 466.015.860

• O & P	= Rp 86.516.640
• Total nilai biaya modal tahunan	= Rp 466.015.860+ Rp 86.516.640 = Rp 552.532.500
• Total manfaat air bersih	= Rp 677.582.496
• Sehingga :	

$$B/C = \frac{\text{annual benefit}}{\text{annual cost}}$$

$$= \frac{\text{Rp.}677.582.496}{\text{Rp.}552.532.500}$$

$$= 1,22$$

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 4.33

Total Manfaat Menggunakan Bunga 9,75%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 9,75 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp3.676.327.426		1,0975	Rp466.015.860	Rp552.532.500	
Biaya O&P		Rp86.516.640	0,1155	Rp86.516.640		1,23
Manfaat Air Bersih		Rp677.582.496		Rp677.582.496	Rp677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.34

Total Manfaat Menggunakan Bunga 11%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 11 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp3.676.327.426		1,1	Rp507.921.397	Rp594.438.037	
Biaya O&P		Rp86.516.640	0,1256	Rp86.516.640		1,14
Manfaat Air Bersih		Rp677.582.496		Rp677.582.496	Rp677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.35

Total Manfaat Menggunakan Bunga 13%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 13 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp3.676.327.426		1,1	Rp507.921.397	Rp594.438.037	
Biaya O&P		Rp86.516.640	0,1256	Rp86.516.640		1,0
Manfaat Air Bersih		Rp677.582.496		Rp677.582.496	Rp677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.36

Total Manfaat Menggunakan Bunga 14%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 14 %			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp3.676.327.426		1,14	Rp632.843.003	Rp719.359.643	
Biaya O&P		Rp86.516.640	0,151	Rp86.516.640		0,94
Manfaat Air Bersih		Rp677.582.496		Rp677.582.496	Rp677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.37
Total Manfaat Menggunakan Bunga 15%

Uraian	Tahun ke		Tingkat Bunga 15%			B/C
	1	2 s/d 21	Angka Konversi	Nilai Sekarang	Total	
Biaya Konstruksi	Rp3.676.327.426		1,15	Rp675.598.691	Rp762.115.331	
Biaya O&P		Rp86.516.640	0,1598	Rp86.516.640		0,89
Manfaat Air Bersih		Rp677.582.496		Rp677.582.496	Rp677.582.496	

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tingkat suku bunga 9,75% - 13% memiliki nilai B/C > 1 dapat dikatakan pada bunga 9,75% - 13% proyek layak secara ekonomi, tetapi pada saat suku bunga 14% - 15% dapat dikatakan proyek tidak layak secara ekonomi dikarenakan memiliki nilai B/C < 1.

Tabel 4.38
Rekapitulasi Manfaat Biaya Proyek

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B/C
9,75%	Rp 677.582.496	Rp 552.532.500	1,23
11%	Rp 677.582.496	Rp 561.681.960	1,21
13%	Rp 677.582.496	Rp 678.081.839	1,00
14%	Rp 677.582.496	Rp 719.359.643	0,94
15%	Rp 677.582.496	Rp 762.115.331	0,89

Sumber : Hasil Perhitungan

4.8.3.2 Net Present Value (NPV)

Net Present Value adalah 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 B/C < 0 maka investasi tidak akan menguntungkan.

Contoh perhitungan *Net Present Value* pada saat bunga 9,75% :

$$\begin{aligned}
 \text{Net present value} &= \text{Annual Benefit} - \text{Annual Cost} \\
 &= \text{Rp } 677.582.496 - \text{Rp } 552.532.500 \\
 &= \text{Rp } 125.049.996
 \end{aligned}$$

Hasil nilai dari *Net Present Value* yaitu Rp 125.049.996 > 0 artinya investasi besifat menguntungkan. Di bawah ini merupakan tabel dari beberapa suku bunga.

Tabel 4.39
Nilai NPV dari Beberapa Suku Bunga

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B-C
9,75%	Rp 677.582.496	Rp 552.532.500	125.049.996
11%	Rp 677.582.496	Rp 594.438.037	83.144.459
13%	Rp 677.582.496	Rp 678.081.839	- 499.343
14%	Rp 677.582.496	Rp 719.359.643	- 41.777.147
15%	Rp 677.582.496	Rp 762.115.331	- 84.532.835

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.39 suku bunga 9,75% - 11% dapat diartikan bahwa investasi bersifat menguntungkan karena $B-C > 0$, tetapi ketika suku bunga 13% - 15% dapat diartikan tidak menguntungkan karena $B-C < 0$.

4.8.3.3 Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah metode yang digunakan untuk mencari suku bunga disaat NPV sama dengan nol. Internal Rate of Return harus menggunakan cara dengan trial and error. Contoh perhitungan IRR sebagai berikut :

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

dimana :

I' = suku bunga yang memberikan nilai NPV positif = 12%

I'' = suku bunga yang memberikan nilai NPV negatif = 13%

sehingga :

$$\begin{aligned} IRR &= I' + \frac{(B-C)'}{(B-C)' - (B-C)''}(I'' - I') \\ &= 12\% + \frac{40.347.425}{40.347.425 - (-10.726.599)} (13\% - 12\%) \\ &= 12,98\% \end{aligned}$$

Tabel 4.40

Perhitungan IRR dengan Suku Bunga

Suku Bunga	Manfaat Nilai Tahunan (B)	Nilai Biaya Tahunan (C)	B-C	IRR
9,75%	Rp 677.582.496	Rp 552.532.500	125.049.996	
11%	Rp 677.582.496	Rp 594.438.037	83.144.459	
13%	Rp 677.582.496	Rp 678.081.839	- 499.343	12,9%
14%	Rp 677.582.496	Rp 719.359.643	- 41.777.147	
15%	Rp 677.582.496	Rp 762.115.331	-84.532.835	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai IRR 12,9% dengan suku bunga yang digunakan yaitu suku bunga positif 12% dan suku bunga negatif 13%.

4.8.3.4 Harga Air

Penetapan harga air pada studi ini ditinjau dari kondisi $B=C$, untuk contoh perhitungannya sebagai berikut :

- Manfaat total tahunan = Rp 552.532.500
- Kebutuhan air = 451.721,664 m³/tahun
- Kehilangan air = 112.930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451.721,664 m³/tahun
- Harga air = $\frac{\text{Manfaat total}}{\text{total kebutuhan air bersih}}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Rp } 552.532.500}{451.721,664} \\
 &= \text{Rp } 1.223
 \end{aligned}$$

Perhitungan harga air pada saat B/C > 1

- Manfaat total tahunan = Rp 677.582.496
- Kebutuhan air = 451.721,664 m³/tahun
- Kehilangan air = 112.930,416 m³/tahun
- Total kebutuhan air = 451.721,664 m³/tahun
- Harga air = $\frac{\text{Manfaat total}}{\text{total kebutuhan air bersih}}$
 $= \frac{\text{Rp } 677.582.496}{451721,664}$
 $= 1.500$