

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bab ini perhitungan pertama yang dilakukan dalam studi perencanaan dan pengembangan jaringan distribusi air bersih di PDAM Unit Ngajum adalah mengevaluasi kondisi *existing* tahun 2014 jaringan distribusi air bersih, kemudian menghitung jumlah proyeksi penduduk dari tahun 2015 s/d tahun 2030. Setelah didapatkan jumlah penduduk sesuai dengan metode proyeksi yang dipilih, maka selanjutnya menganalisis kemampuan pelayanan dan perhitungan kebutuhan air bersih. Perhitungan kebutuhan air bersih meliputi perhitungan kebutuhan air rata-rata, kebutuhan air maksimum, dan kebutuhan air bersih pada jam puncak.

Simulasi dengan program *WaterCAD V8i* dapat dilaksanakan setelah semua data telah selesai dimasukkan dan model telah selesai dibuat. Hasil dari simulasi yang dilakukan dapat dievaluasi dari segi hidrolis. Apabila terdapat beberapa masalah dalam sistem tersebut, maka dilakukan perubahan komponen pada sistem tersebut hingga didapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria perencanaan.

4.2 Evaluasi Kondisi *Existing* Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

4.2.1 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Kondisi *Existing*

Jumlah pelayanan PDAM Unit Ngajum pada kondisi *existing* (Tahun 2014) mencakup 1698 SR dari 5598 SR atau sebesar 30% dari total SR daerah pelayanan. Berikut ini merupakan jumlah pelanggan (SR):

Tabel 4.1 Jumlah Pelanggan Kondisi *Existing* (Tahun 2014)

No	Desa	Jumlah Pelanggan Tahun 2014 (SR)
1.	Ngajum	547
2.	Palaan	297
3.	Talangagung	854
Jumlah		1698

Sumber : PDAM Unit Ngajum

Debit Sumber Ubalan pada kondisi *existing* (Tahun 2014) yaitu 20 liter/detik. Debit dari Sumber Ubalan di alirkan ke tandon Ngajum. Berikut ini adalah contoh perhitungan *existing* kebutuhan air bersih PDAM Unit Ngajum pada Desa Ngajum tahun 2014 :

1. Jumlah Pelanggan (SR) pada tahun 2014 sebesar 547 SR
2. Asumsi Jumlah Jiwa/ Rumah adalah 4 orang
3. Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari adalah 80 lt/org/hr
4. Kebutuhan air domestik
 - = Jumlah SR x Kebutuhan tiap orang x jumlah jiwa
 - = $547 \times 80 \text{ lt/org/hr} \times 4$
 - = 175.040 lt/hr
 - = 2,03 lt/dtk
5. Kebutuhan non domestik
 - = 15% x 2,03 lt/dtk
 - = 0,30 lt/hr
6. Kebutuhan air bersih rata-rata
 - = Total kebutuhan air + kehilangan air
 - = $(Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}) + \text{kehilangan air}$
 - = $(2,03 \text{ lt/dtk} + 0,304 \text{ lt/dtk}) + (27,85\% \times 2,33 \text{ lt/dtk})$
 - = $2,33 \text{ lt/dtk} + 0,65 \text{ lt/dtk}$
 - = 2,98 lt/dtk
7. Kebutuhan air maksimum
 - = 1,15 x Kebutuhan air rata-rata
 - = $1,15 \times 2,979 \text{ lt/dtk}$
 - = 3,43 lt/dtk
8. Kebutuhan jam puncak
 - = 1,56 x Kebutuhan air rata-rata
 - = $1,56 \times 2,979 \text{ lt/dtk}$
 - = 4,65 lt/dtk

Selanjutnya perhitungan kebutuhan air bersih untuk kondisi *existing* (Tahun 2014) masing-masing desa pelayanan PDAM Unit Ngajum disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Kondisi *Existing* (Tahun 2014)

No	Uraian	Satuan	Desa		
			Ngajum	Palaan	Talangagung
1	Jumlah SR	Unit Rumah	547	297	854
2	Jumlah Jiwa/ Rumah	Jiwa	4	4	4
3	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	80	80	80
4	Kebutuhan air domestik	lt/hari	175040	95040	273280
		lt/detik	2,03	1,10	3,16
5	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,30	0,17	0,47
6	Kebutuhan air baku rata-rata (dengan kebocoran 27,85%)	lt/detik	2,98	1,62	4,65
		m ³ /hari	257,36	139,73	401,80
		m ³ /bulan	7720,71	4192,05	12053,90
		juta m ³ /tahun	0,09	0,05	0,15
7	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih	lt/detik	3,43	1,86	5,35
8	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/detik	4,65	2,52	7,25

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.3. Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Bersih (Tahun 2014)

Tandon Distribusi	Desa	Kebutuhan Air Bersih		
		Rata-Rata	Harian Maksimum	Jam Puncak
		l/dtk	l/dtk	l/dtk
Tandon Ngajum	Ngajum	2,98	3,43	4,65
	Palaan	1,62	1,86	2,52
	Talangagung	4,65	5,35	7,25
Jumlah		9,25	11,09	14,42

Sumber : Hasil Perhitungan

PDAM Unit Ngajum memiliki nilai prosentase layanan yang berbeda di masing-masing desa kondisi *existing* (Tahun 2014). Berdasarkan dari hasil perhitungan kebutuhan air yang telah dilakukan, didapatkan jumlah kebutuhan rata-rata kondisi *existing* sebesar 9,25 liter/detik. Tersedianya debit sebesar 20 liter/detik dan kebutuhan rata-rata sebesar 9,25 liter/detik, maka pada kondisi *existing* (2014) mampu memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk dengan prosentase layanan yang berbeda di tiap desa. Pelayanan debit terhadap kebutuhan air bersih saat jam puncak juga sudah bisa memenuhi dikarenakan debit yang tersedia cukup untuk memenuhi debit untuk kebutuhan jam puncak yaitu sebesar 14,42 liter/detik.

4.2.2 Kondisi *Existing* Jaringan Distribusi Air Bersih (Tahun 2014)

Potensi debit Sumber Ubalan adalah 350 liter/detik. Pada kondisi *existing* (Tahun 2014) PDAM Unit Ngajum memanfaatkan debit Sumber Ubalan sebesar 20 liter/detik. Cakupan pelayanan PDAM Unit Ngajum kondisi *existing* untuk pelayanan di Desa Ngajum sebesar 18%, Desa Palaan sebesar 35%, Desa Talangagung sebesar 50%.

Sumber Ubalan sendiri terletak pada elevasi +550 m. Pada kondisi *existing* (Tahun 2014), Pelayanan PDAM Unit Ngajum dari Sumber Ubalan sebesar 20 liter/detik dialirkan ke Tandon Ngajum.

Tandon Ngajum dengan elevasi +403 m. Beda tinggi antara Sumber Ubalan dan Tandon Ngajum adalah +147 m dengan jarak 4,28 km. Pelayanan terdekat dari tandon Ngajum berjarak 384 m dengan elevasi +390 m, sedangkan daerah pelayanan terjauh berjarak 5,7 km dengan elevasi +341 m.

4.2.2.1 Evaluasi Hasil Simulasi Program *WaterCAD V8i* untuk Kondisi *Existing* (Tahun 2014)

Faktor yang mempengaruhi kebutuhan air pada titik simpul adalah jumlah orang terlayani dan *load factor*. Tekanan pada titik simpul dipengaruhi oleh elevasi *reservoir* dengan titik simpul, debit kebutuhan dan spesifikasi pipa (diameter, panjang, dan jenis pipa) yang berhubungan dengan kehilangan tinggi tekan mayor.

Junction merupakan titik bayangan yang berguna sebagai titik kontrol dalam perencanaan jaringan pipa sehingga hasil yang diperoleh memenuhi standar perencanaan SNI. Data yang dibutuhkan untuk *junction* adalah elevasi dan *demand* (kebutuhan air penduduk). Penempatan *junction* direncanakan pada patok-patok hasil topografi yang berjarak antar patok 50 m.

Kondisi aliran yang terjadi didasarkan kondisi pengaliran penuh dengan kecepatan aliran v (m/detik) yang ditentukan berdasarkan debit aliran Q (lt/detik) di setiap luas penampang A (m²). Simulasi kondisi tidak permanen terjadi corak permintaan yang berubah-ubah maka dengan luas penampang yang tetap sementara debit berubah pada setiap jamnya, maka kecepatan aliran yang terjadi dalam setiap jamnya berubah. Persamaan yang digunakan dalam menentukan kehilangan energi disini adalah persamaan *Hazen Williams*. Kehilangan energi akan sangat dipengaruhi oleh panjang pipa, debit yang mengalir, diameter pipa, dan koefisien kekasaran relatif. Kehilangan energi berbanding lurus dengan kecepatan aliran, semakin besar kecepatan aliran maka kehilangan energi akibat gesekan akan semakin besar. Dengan bantuan program *WaterCAD V8i* didapat *headloss* yang cukup bervariasi dan kecepatan yang cukup tinggi pada setiap pipa dalam sistem jaringan distribusi. Hal ini terjadi karena debit yang mengalir pada pipa mengalami perubahan baik dari diameter pipa maupun topografi daerah studi yang relatif naik turun dan curam.

4.2.2.1.1 Evaluasi Tekanan pada Titik Simpul Kondisi *Existing* (Tahun 2014)

Perhitungan manual digunakan sebagai alat bantu untuk mengontrol kebenaran *software WaterCAD V8i*. Berikut ini adalah contoh perhitungan tekanan dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-55:

Diketahui:

Elevasi <i>Reservoir</i>	= +403 m
Elevasi <i>Junction</i> 55	= +357 m
$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 1,62 lt/dtk
Q_{outflow} Jam ke 00.00	= $Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer}$
	= $1,62 \times ((0,25 + 0,31)/2)$
	= 0,453 lt/dtk
	= $0,000453 \text{ m}^3/\text{dtk}$
C_{hw} (C)	= 150 (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)
Panjang Pipa (L)	= 2,734 km = 2734 m
Diameter pipa	= 6 inch = 0,1524 m

Penyelesaian:

$$\checkmark k = \frac{10,7xL}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7x2734}{150^{1,85} x 0,1524^{4,87}} = 26258,908$$

$$\checkmark h_f = k \cdot Q^{1,85} = 26258,908 x (0,000453)^{1,85} = 0,0171m$$

$$\checkmark \text{Headloss gradient} = Hf_{\text{kehilangan energi}} / L$$

$$= 0,0171 / 2734$$

$$= 0,0000062 \text{ m/m}$$

$$= 0,006 \text{ m/km}$$

Jadi, *Headloss Gradient* dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih adalah sebesar 0,006 m/km.

$$\text{Tekanan} = \text{Elevasi Tandon} - \text{Elevasi Junction} - Hf$$

$$= 403 - 357 - 0,0062$$

$$= 45,9 \text{ kg/cm} = 4,59 \text{ atm}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan tekanan dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-62:

Diketahui:

Elevasi <i>Reservoir</i>	= +403 m
Elevasi <i>Junction</i> 62	= +352 m
$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 3,64 lt/dtk
Q_{outflow} Jam ke 00.00	= $Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer}$
	= $3,64 \times ((0,25 + 0,31)/2)$
	= 1,020 lt/dtk
	= $0,00102 \text{ m}^3/\text{dtk}$
C_{hw} (C)	= 150 (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)
Panjang Pipa (L)	= 3,084 km = 3084 m
Diameter pipa	= 4 inch = 0,1016 m

Penyelesaian:✚ *Headloss Gradient Mayor:*

$$\checkmark k = \frac{10,7xL}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7x3084}{150^{1,85} x 0,1016^{4,87}} = 213381,597$$

$$\checkmark h_f = k \cdot Q^{1,85} = 213381,597 x (0,00102)^{1,85} = 0,6238m$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Headloss gradient} &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\
 &= 0,6238 / 3084 \\
 &= 0,000202 \text{ m/m} \\
 &= 0,20 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

Jadi, *Headloss Gradient* Mayor dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih adalah sebesar 0,20 m/km.

✚ *Headloss Gradient Minor:*

Pada P-62 *Minor Losses* terjadi akibat pengecilan pipa dari diameter 6in menjadi 4in

$$\checkmark D_2/D_1 = 6/4 = 0,67$$

(didapatkan K pada tabel 2.4 untuk pengecilan tiba-tiba adalah 0,37)

$$\begin{aligned}
 \checkmark A &= (1/4 \times \pi \times D^2) \\
 &= (1/4 \times 3,14 \times 0,1016^2) \\
 &= 0,0081 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\checkmark h_{Lm} = k \frac{Q}{2.A^2.g} = 0,37 \frac{0,00102}{2 \times 0,0081^2 \times 9,81} = 0,2931 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Headloss gradient} &= h_{Lm} / L \\
 &= 0,2931 / 3084 \\
 &= 0,000009 \text{ m/m} \\
 &= 0,009 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ total} &= \text{Headloss Gradient Mayor} + \text{Headloss Gradient Mayor} \\
 &= 0,202 + 0,009 \\
 &= 0,211
 \end{aligned}$$

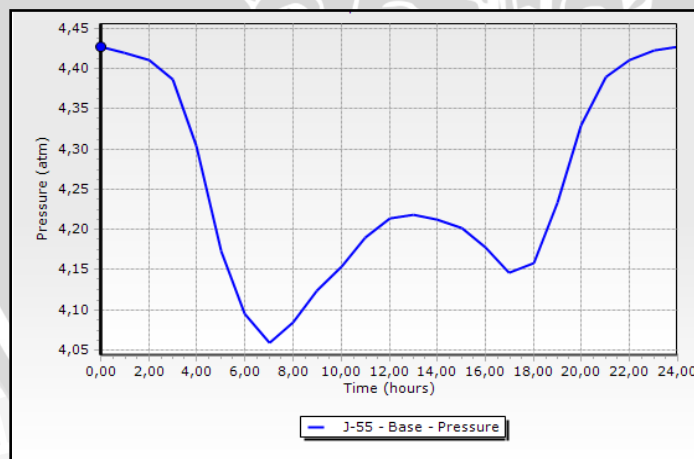
$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan} &= \text{Elevasi Tandon} - \text{Elevasi Junction} - H_f \text{ total} \\
 &= 403 - 352 - 0,211 \\
 &= 50,7 \text{ kg/cm} = 5,07 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

Berikut ini contoh hasil simulasi pada titik simpul jaringan distribusi air bersih kondisi *existing* pada titik simpul J-55 dan J-62:

Tabel 4.4 Contoh Hasil Simulasi Titik Simpul J-55 (Tahun 2014)

Waktu (jam)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
0,00	402,83	4,43	0,5 - 8	Memenuhi
1,00	402,76	4,42	0,5 - 8	Memenuhi
2,00	402,66	4,41	0,5 - 8	Memenuhi
3,00	402,42	4,39	0,5 - 8	Memenuhi
4,00	401,55	4,30	0,5 - 8	Memenuhi
5,00	400,21	4,17	0,5 - 8	Memenuhi
6,00	399,40	4,10	0,5 - 8	Memenuhi
7,00	399,02	4,06	0,5 - 8	Memenuhi
8,00	399,28	4,08	0,5 - 8	Memenuhi
9,00	399,69	4,12	0,5 - 8	Memenuhi
10,00	400,01	4,15	0,5 - 8	Memenuhi
11,00	400,37	4,19	0,5 - 8	Memenuhi
12,00	400,62	4,21	0,5 - 8	Memenuhi
13,00	400,68	4,22	0,5 - 8	Memenuhi
14,00	400,61	4,21	0,5 - 8	Memenuhi
15,00	400,51	4,20	0,5 - 8	Memenuhi
16,00	400,25	4,18	0,5 - 8	Memenuhi
17,00	399,92	4,15	0,5 - 8	Memenuhi
18,00	400,05	4,16	0,5 - 8	Memenuhi
19,00	400,83	4,23	0,5 - 8	Memenuhi
20,00	401,83	4,33	0,5 - 8	Memenuhi
21,00	402,44	4,39	0,5 - 8	Memenuhi
22,00	402,66	4,41	0,5 - 8	Memenuhi
23,00	402,80	4,42	0,5 - 8	Memenuhi
24,00	402,83	4,43	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.1 Grafik Fluktuasi Tekanan J-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i* dapat diketahui:

- Contoh titik simpul J-55 diperoleh tekanan maksimum terjadi pada saat kebutuhan air minimal yaitu pukul 00.00 yaitu sebesar 4,43 atm. Sedangkan tekanan minimum

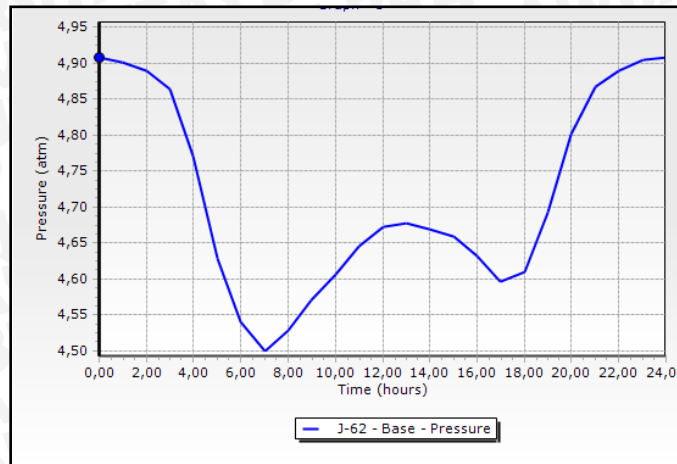
terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 07.00 sebesar 4,06 atm. Hasil tersebut masih sesuai dengan kriteria perencanaan (maksimum tekanan 8 atm).

- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-07.00. Tekanan meningkat saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 08.00-13.00. Kemudian tekanan kembali menurun pada pukul 14.00-17.00 seperti ditunjukkan pada koefisien faktor pengali (*Load Faktor*) terhadap kebutuhan air bersih.
- Terjadi perubahan tekanan diakibatkan oleh besarnya debit yang masuk sedangkan diameter pipa tetap. Pada jam-jam puncak tekanan akan menjadi lebih kecil hal ini dikarenakan bertambahnya debit yang melalui pipa, karena diketahui bahwa semakin besar debit yang melalui pipa sedangkan diameter pipa tetap akan mengakibatkan kehilangan tinggi atau *headloss gradient* yang besar sehingga tekanan akan menjadi kecil.

Tabel 4.5 Contoh Hasil Simulasi Titik Simpul J-62 (Tahun 2014)

Waktu (jam)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
0,00	402,81	4,91	0,5 - 8	Memenuhi
1,00	402,73	4,90	0,5 - 8	Memenuhi
2,00	402,62	4,89	0,5 - 8	Memenuhi
3,00	402,36	4,86	0,5 - 8	Memenuhi
4,00	401,40	4,77	0,5 - 8	Memenuhi
5,00	399,91	4,63	0,5 - 8	Memenuhi
6,00	399,01	4,54	0,5 - 8	Memenuhi
7,00	398,60	4,50	0,5 - 8	Memenuhi
8,00	398,88	4,53	0,5 - 8	Memenuhi
9,00	399,33	4,57	0,5 - 8	Memenuhi
10,00	399,69	4,61	0,5 - 8	Memenuhi
11,00	400,09	4,65	0,5 - 8	Memenuhi
12,00	400,37	4,67	0,5 - 8	Memenuhi
13,00	400,43	4,68	0,5 - 8	Memenuhi
14,00	400,35	4,67	0,5 - 8	Memenuhi
15,00	400,24	4,66	0,5 - 8	Memenuhi
16,00	399,96	4,63	0,5 - 8	Memenuhi
17,00	399,59	4,60	0,5 - 8	Memenuhi
18,00	399,73	4,61	0,5 - 8	Memenuhi
19,00	400,59	4,69	0,5 - 8	Memenuhi
20,00	401,70	4,80	0,5 - 8	Memenuhi
21,00	402,38	4,87	0,5 - 8	Memenuhi
22,00	402,62	4,89	0,5 - 8	Memenuhi
23,00	402,78	4,90	0,5 - 8	Memenuhi
24,00	402,81	4,91	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.2 Grafik Fluktuasi Tekanan J-62

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i* dapat diketahui:

- Contoh titik simpul J-62 diperoleh tekanan maksimum terjadi pada saat kebutuhan air minimal yaitu pukul 00.00 yaitu sebesar 4,91 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 07.00 sebesar 4,50 atm. Hasil tersebut masih sesuai dengan kriteria perencanaan (maksimum tekanan 8 atm).
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-07.00. Tekanan meningkat saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 08.00-13.00. Kemudian tekanan kembali menurun pada pukul 14.00-17.00 seperti ditunjukkan pada koefisien faktor pengali (*Load Faktor*) terhadap kebutuhan air bersih.
- Terjadi perubahan tekanan diakibatkan oleh besarnya debit yang masuk sedangkan diameter pipa tetap. Pada jam-jam puncak tekanan akan menjadi lebih kecil hal ini dikarenakan bertambahnya debit yang melalui pipa, karena diketahui bahwa semakin besar debit yang melalui pipa sedangkan diameter pipa tetap akan mengakibatkan kehilangan tinggi atau *headloss gradient* yang besar sehingga tekanan akan menjadi kecil.

Untuk hasil simulasi titik simpul daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada kondisi *existing* (Tahun 2014) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.2.2.1.2 Analisis Kondisi Aliran pada Pipa Distribusi

Berikut disajikan contoh perhitungan manual hasil simulasi pada lokasi perencanaan pipa P-55:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} &= 1,62 \text{ lt/dtk} \\
 C_{\text{hw}} (C) &= 150 \text{ (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)} \\
 \text{Panjang Pipa (L)} &= 2,734 \text{ km} = 2734 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa} &= 6 \text{ inch} = 0,1524 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} &= 1,62 \text{ lt/dtk} \\
 Q_{\text{outflow Jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer} \\
 &= 1,62 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\
 &= 0,453 \text{ lt/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{f_{\text{kehilangan energi}}} &= \frac{(10,7 \times L)}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{(10,7 \times 2734)}{150^{1,85} \times 0,1524^{4,87}} \times 0,000453^{1,85} \\
 &= 0,0171 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= (1/4 \times \pi \times D^2) / (\pi \times D) \\
 &= (1/4 \times 3,14 \times 0,1524^2) / (3,14 \times 0,1524) \\
 &= 0,0381
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\
 &= 0,0171 / 2734 \\
 &= 0,0000062 \text{ m/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{P-55} &= 0,85 \times C \times R^{0,63} \times S^{0,54} \\
 &= 0,85 \times 150 \times 0,0381^{0,63} \times 0,0000062^{0,54} \\
 &= 0,025 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss gradient} &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\
 &= 0,0171 / 2734 \\
 &= 0,0000062 \text{ m/m} \\
 &= 0,006 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

Berikut disajikan contoh perhitungan manual hasil simulasi pada lokasi perencanaan pipa P-62:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} &= 3,64 \text{ lt/dtk} \\
 C_{\text{hw}} (C) &= 150 \text{ (berdasarkan tabel 2.11 = Pipa PVC)} \\
 \text{Panjang Pipa (L)} &= 3,084 \text{ km} = 3084 \text{ m} \\
 \text{Diameter pipa} &= 4 \text{ inch} = 0,1016 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} &= 3,64 \text{ lt/dtk} \\
 Q_{\text{outflow Jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer} \\
 &= 3,64 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\
 &= 1,020 \text{ lt/dtk} \\
 &= 0,00102 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{fkehilangan energi mayor}} &= \frac{(10,7 \times L)}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{(10,7 \times 3084)}{150^{1,85} \times 0,1016^{4,87}} \times 0,00102^{1,85} \\
 &= 0,6238 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Headloss gradient mayor} &= H_{\text{fkehilangan energi}} / L \\
 &= 0,6238 / 3084 \\
 &= 0,000202 \text{ m/m} \\
 &= 0,202 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\text{Lmkehilangan energi minor}} &= k \frac{Q}{2 \cdot A^2 \cdot g} \\
 &= 0,37 \frac{0,00102}{2 \times 0,0081^2 \times 9,81} \\
 &= 0,2931
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Headloss gradient} &= h_{\text{Lm}} / L \\
 &= 0,2931 / 3084 \\
 &= 0,000009 \text{ m/m} \\
 &= 0,009 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Headloss gradient total} &= \textit{Headloss Gradient Mayor} + \textit{Headloss Gradient Mayor} \\
 &= 0,202 + 0,009 \\
 &= 0,211
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= (1/4 \times \pi \times D^2) / (\pi \times D) \\
 &= (1/4 \times 3,14 \times 0,1016^2) / (3,14 \times 0,1016) \\
 &= 0,0254
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= Hf_{\text{kehilangan energy total}} / L \\
 &= (0,6238 + 0,2931) / 3084 \\
 &= 0,9169 / 3084 \\
 &= 0,000297 \text{ m/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{P-62} &= 0,85 \times C \times R^{0,63} \times S^{0,54} \\
 &= 0,85 \times 150 \times 0,0254^{0,63} \times 0,000297^{0,54} \\
 &= 0,15 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

Berikut ini contoh hasil simulasi pipa jaringan distribusi *existing* (Tahun 2014) dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:

Tabel 4.6 Contoh Hasil Simulasi Pada Pipa Jaringan Distribusi Pukul 00.00

Pipa	Diameter (in)	Bahan	Hazen-Williams C	Minor Loss C	Flow (L/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Keterangan
P1	6	PVC	150	-	2,31	0,124	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi
P2	6	PVC	150	-	2,31	0,124	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi
P3	6	PVC	150	-	2,31	0,124	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi
P4	6	PVC	150	-	2,31	0,124	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi
P18	6	PVC	150	0,80	1,47	0,06	0 - 15	0,08	0,1 - 2,5	Tidak
P55	6	PVC	150	-	0,45	0,006	0 - 15	0,02	0,1 - 2,5	Tidak
P62	4	PVC	150	0,37	1,02	0,198	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

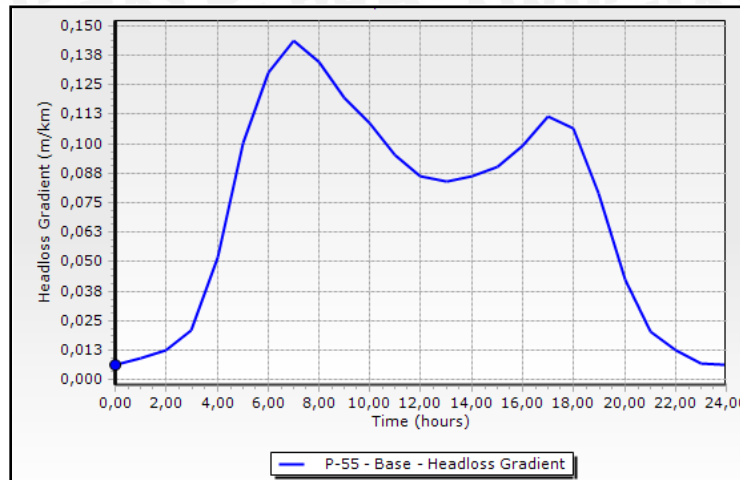
Tabel 4.7 Contoh Hasil Simulasi Pada Pipa P-55 Selama 1 Hari

Waktu (Jam)	Debit (L/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Keterangan
0,00	0,45	0,006	0 - 15	0,02	0,1 - 2,5	Tidak
1,00	0,55	0,009	0 - 15	0,03	0,1 - 2,5	Tidak
2,00	0,66	0,013	0 - 15	0,04	0,1 - 2,5	Tidak
3,00	0,88	0,021	0 - 15	0,05	0,1 - 2,5	Tidak
4,00	1,45	0,052	0 - 15	0,08	0,1 - 2,5	Tidak
5,00	2,06	0,100	0 - 15	0,11	0,1 - 2,5	Memenuhi
6,00	2,37	0,130	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi
7,00	2,50	0,144	0 - 15	0,14	0,1 - 2,5	Memenuhi
8,00	2,41	0,135	0 - 15	0,13	0,1 - 2,5	Memenuhi
9,00	2,26	0,120	0 - 15	0,12	0,1 - 2,5	Memenuhi
10,00	2,14	0,109	0 - 15	0,12	0,1 - 2,5	Memenuhi
11,00	2,00	0,095	0 - 15	0,11	0,1 - 2,5	Memenuhi
12,00	1,89	0,086	0 - 15	0,10	0,1 - 2,5	Memenuhi
13,00	1,87	0,084	0 - 15	0,10	0,1 - 2,5	Memenuhi
14,00	1,90	0,086	0 - 15	0,10	0,1 - 2,5	Memenuhi
15,00	1,94	0,090	0 - 15	0,11	0,1 - 2,5	Memenuhi
16,00	2,05	0,099	0 - 15	0,11	0,1 - 2,5	Memenuhi
17,00	2,17	0,112	0 - 15	0,12	0,1 - 2,5	Memenuhi
18,00	2,13	0,106	0 - 15	0,12	0,1 - 2,5	Memenuhi
19,00	1,80	0,079	0 - 15	0,10	0,1 - 2,5	Memenuhi
20,00	1,29	0,042	0 - 15	0,07	0,1 - 2,5	Tidak
21,00	0,87	0,020	0 - 15	0,05	0,1 - 2,5	Tidak
22,00	0,66	0,013	0 - 15	0,04	0,1 - 2,5	Tidak
23,00	0,50	0,007	0 - 15	0,03	0,1 - 2,5	Tidak
24,00	0,45	0,006	0 - 15	0,02	0,1 - 2,5	Tidak

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD V8i* pada P-55 pada saat kebutuhan maksimum yaitu pada pukul 00.00 dapat diketahui:

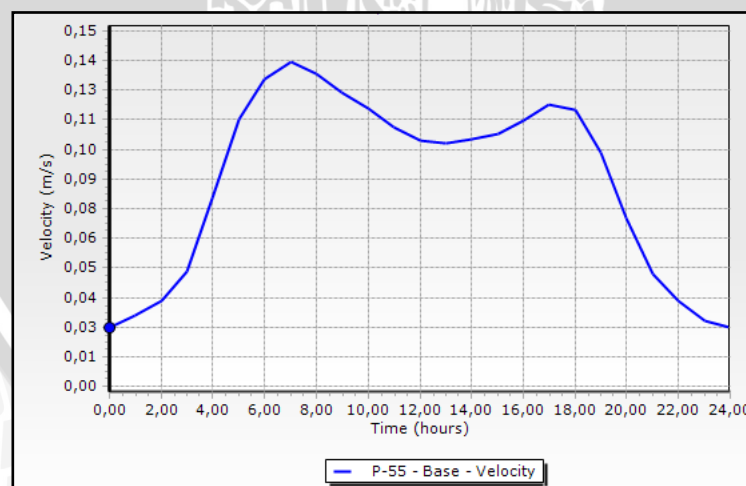
- *Headloss gradient* pada pukul 00.00-07.00 yaitu dari 0,006 m/km menjadi 0,144 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 07.00 sebesar 0,144 m/km dan *headloss gradient* terkecil terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,006 m/km, hal ini terjadi seiring dengan meningkatnya debit pada titik simpul namun diameter pipa tetap, semakin besar debit yang melauai pipa maka *headloss gradient* akan semakin besar begitu pula sebaliknya. Kondisi *headlos gradient* untuk P-55 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan berkisar antara 0,02-0,14 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 07.00 sebesar 0,14 dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,02 m/detik . Perubahan kecepatan pada pipa dikarenakan perubahan debit yang melalui pipa tetapi diameter pipa tidak berubah, semakin besar debit yang melalui pipa maka kecepatan akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya. Pada pukul 00.00-04.00 dan pukul 20.00-24.00 kecepatan pada pipa tidak memenuhi persyaratan kecepatan dengan nilai minimal 0,1 m/detik, hal ini dikarenakan dengan luas penampang yang tetap dan debit yang ada pada pipa kecil.



Gambar 4.4 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

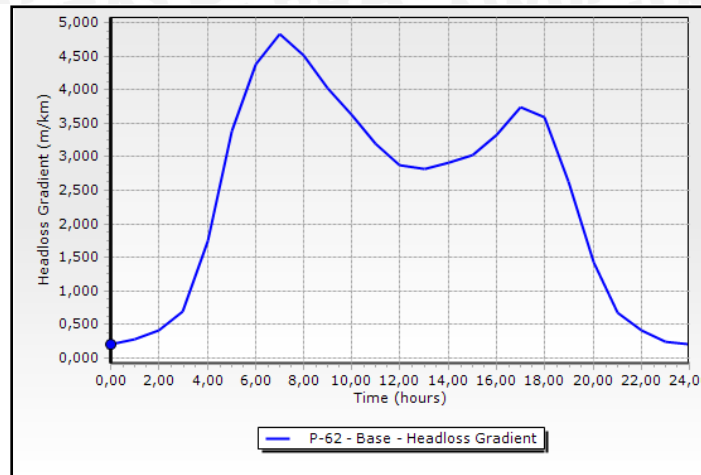
Tabel 4.8 Contoh Hasil Simulasi Pada Pipa P-62 Selama 1 Hari

Waktu (Jam)	Debit (L/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Keterangan
0,00	1,02	0,203	0 - 15	0,13	0,1 – 2,5	Memenuhi
1,00	1,24	0,291	0 - 15	0,15	0,1 – 2,5	Memenuhi
2,00	1,49	0,412	0 - 15	0,18	0,1 – 2,5	Memenuhi
3,00	1,98	0,698	0 - 15	0,24	0,1 – 2,5	Memenuhi
4,00	3,26	1,753	0 - 15	0,40	0,1 – 2,5	Memenuhi
5,00	4,64	3,384	0 - 15	0,57	0,1 – 2,5	Memenuhi
6,00	5,33	4,379	0 - 15	0,66	0,1 – 2,5	Memenuhi
7,00	5,62	4,834	0 - 15	0,69	0,1 – 2,5	Memenuhi
8,00	5,42	4,519	0 - 15	0,67	0,1 – 2,5	Memenuhi
9,00	5,09	4,026	0 - 15	0,63	0,1 – 2,5	Memenuhi
10,00	4,82	3,634	0 - 15	0,59	0,1 – 2,5	Memenuhi
11,00	4,49	3,189	0 - 15	0,55	0,1 – 2,5	Memenuhi
12,00	4,26	2,884	0 - 15	0,52	0,1 – 2,5	Memenuhi
13,00	4,20	2,817	0 - 15	0,52	0,1 – 2,5	Memenuhi
14,00	4,27	2,907	0 - 15	0,53	0,1 – 2,5	Memenuhi
15,00	4,36	3,023	0 - 15	0,54	0,1 – 2,5	Memenuhi
16,00	4,60	3,334	0 - 15	0,57	0,1 – 2,5	Memenuhi
17,00	4,89	3,737	0 - 15	0,60	0,1 – 2,5	Memenuhi
18,00	4,78	3,583	0 - 15	0,59	0,1 – 2,5	Memenuhi
19,00	4,06	2,638	0 - 15	0,50	0,1 – 2,5	Memenuhi
20,00	2,91	1,424	0 - 15	0,36	0,1 – 2,5	Memenuhi
21,00	1,95	0,674	0 - 15	0,24	0,1 – 2,5	Memenuhi
22,00	1,49	0,412	0 - 15	0,18	0,1 – 2,5	Memenuhi
23,00	1,13	0,245	0 - 15	0,14	0,1 – 2,5	Memenuhi
24,00	1,02	0,203	0 - 15	0,13	0,1 – 2,5	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD V8i* pada P-62 pada saat kebutuhan maksimum yaitu pada pukul 00.00 dapat diketahui:

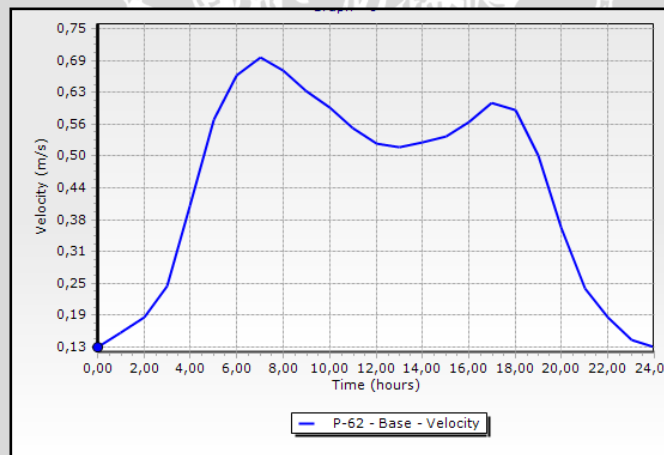
- *Headloss gradient* pada pukul 00.00-07.00 yaitu dari 0,203 m/km menjadi 4,834 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 07.00 sebesar 4,834 m/km dan *headloss gradient* terkecil terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,203 m/km, hal ini terjadi seiring dengan meningkatnya debit pada titik simpul namun diameter pipa tetap, semakin besar debit yang melauai pipa maka *headloss gradient* akan semakin besar begitu pula sebaliknya. Kondisi *headlos gradient* untuk P-62 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-62

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan berkisar antara 0,13-0,69 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 07.00 sebesar 0,69 dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,13 m/detik . Perubahan kecepatan pada pipa dikarenakan perubahan debit yang melalui pipa tetapi diameter pipa tidak berubah, semakin besar debit yang melalui pipa maka kecepatan akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.6 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-62

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Untuk hasil simulasi daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada jaringan pipa distribusi kondisi *existing* (Tahun 2014) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.2.2.2 Analisis Kondisi Existing Tandon (Tahun 2014)

Tabel 4.9 Kondisi Muka Air dalam Tandon (Tahun 2014)

Debit dari sumber = 20 ltr/dtk
Kebutuhan air rata-rata = 9,246 ltr/dtk

Jam ke	Multiplier	Continuous Multiplier	Inflow	Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow/jam	Volume Outflow/jam	Kumulatif Volume Inflow	Kumulatif Volume Outflow	Volume air efektif dalam tandon	Volume air total dalam tandon	Tinggi Air Dalam Tandon
	(faktor beban konsumen)		l/det	l/det	l/det	m ³	m ³	m ³	m ³ /jam	m ³ /jam	m ³	m ³	m
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
		([2] n + [2] n+1)/2		ΣKeb Air Rata-rata*[3]	[4] - [5]	([6]*3600)/1000	([4]*3600)/1000	([5]*3600)/1000	[8]n + [10]n-1	[9]n + [11]n-1	[6]n-1 + [12]n-1	[12] + Vol. mati (25)	[13] / Luas tandon
0	0,25	0,28	20	2,59	17,41	62,68	72,00	9,32	72,00	9,32	73,50	78,75	3,75
1	0,31	0,34	20	3,14	16,86	60,68	72,00	11,32	144,00	20,64	73,50	78,75	3,75
2	0,37	0,41	20	3,79	16,21	58,35	72,00	13,65	216,00	34,29	73,50	78,75	3,75
3	0,45	0,55	20	5,04	14,96	53,86	72,00	18,14	288,00	52,43	73,50	78,75	3,75
4	0,64	0,90	20	8,28	11,72	42,21	72,00	29,79	360,00	82,22	73,50	78,75	3,75
5	1,15	1,28	20	11,79	8,21	29,56	72,00	42,44	432,00	124,66	73,50	78,75	3,75
6	1,40	1,47	20	13,55	6,45	23,23	72,00	48,77	504,00	173,43	73,50	78,75	3,75
7	1,53	1,55	20	14,29	5,71	20,57	72,00	51,43	576,00	224,85	73,50	78,75	3,75
8	1,56	1,49	20	13,78	6,22	22,40	72,00	49,60	648,00	274,45	73,50	78,75	3,75
9	1,42	1,40	20	12,94	7,06	25,40	72,00	46,60	720,00	321,05	73,50	78,75	3,75
10	1,38	1,33	20	12,25	7,75	27,89	72,00	44,11	792,00	365,16	73,50	78,75	3,75
11	1,27	1,24	20	11,42	8,58	30,89	72,00	41,11	864,00	406,27	73,50	78,75	3,75
12	1,20	1,17	20	10,82	9,18	33,05	72,00	38,95	936,00	445,21	73,50	78,75	3,75
13	1,14	1,16	20	10,68	9,32	33,55	72,00	38,45	1008,00	483,66	73,50	78,75	3,75
14	1,17	1,18	20	10,86	9,14	32,89	72,00	39,11	1080,00	522,77	73,50	78,75	3,75
15	1,18	1,20	20	11,10	8,90	32,06	72,00	39,94	1152,00	562,72	73,50	78,75	3,75
16	1,22	1,27	20	11,70	8,30	29,89	72,00	42,11	1224,00	604,83	73,50	78,75	3,75
17	1,31	1,35	20	12,44	7,56	27,23	72,00	44,77	1296,00	649,60	73,50	78,75	3,75
18	1,38	1,32	20	12,16	7,84	28,23	72,00	43,77	1368,00	693,37	73,50	78,75	3,75
19	1,25	1,12	20	10,31	9,69	34,88	72,00	37,12	1440,00	730,48	73,50	78,75	3,75
20	0,98	0,80	20	7,40	12,60	45,37	72,00	26,63	1512,00	757,11	73,50	78,75	3,75
21	0,62	0,54	20	4,95	15,05	54,19	72,00	17,81	1584,00	774,92	73,50	78,75	3,75
22	0,45	0,41	20	3,79	16,21	58,35	72,00	13,65	1656,00	788,57	73,50	78,75	3,75
23	0,37	0,31	20	2,87	17,13	61,68	72,00	10,32	1728,00	798,89	73,50	78,75	3,75
24	0,25	0,28	20	2,59	17,41	62,68	72,00	9,32	1800,00	808,21	73,50	78,75	3,75

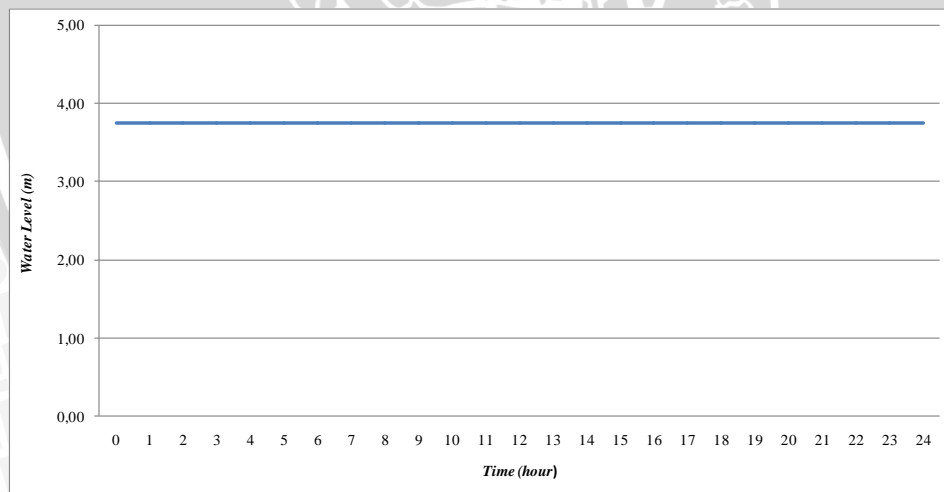
Dimensi tandon:

H min =	0,250	m	H Total =	Hmin + Hmax + H jagaan	
H initial =	3,500	m	=	4,000	m
H max =	3,500	m	Vol. eff =	Luas x Hmax	
H jagaan =	0,250	m	=	74	m ³
Panjang =	7,000	m	Vol. mati =	Luas x H min	
Lebar =	3,000	m	=	5	m ³
Luas =	Panjang x Lebar		Vol. Tot =	Vol efektif + Vol. mati	
=	21,000	m ²	=	79	m ³

Sumber: Hasil Perhitungan

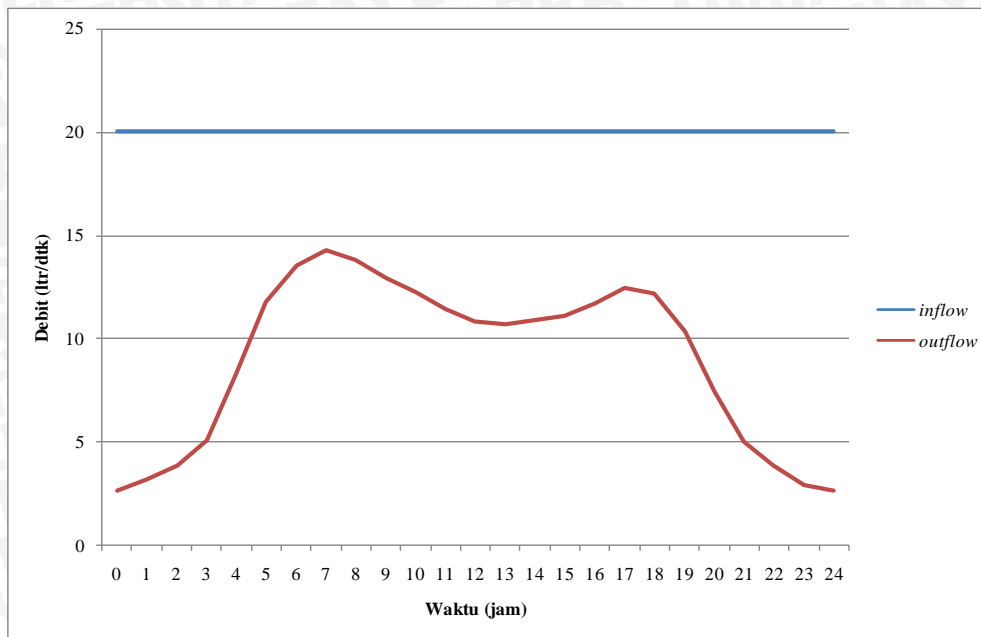
Keterangan:

Luas	= Panjang x Lebar
Volume eff.	= (Panjang x Lebar) x (Hinitial – Hmati)
Volume mati	= (Panjang x Lebar) x Hmati
Volume total	= (Panjang x Lebar) x (Hinitial + Hmati)
Outflow	= <i>Continuous Multiplayer</i> x Kebutuhan air rata-rata
Net Inflow	= Inflow – Outflow
Net Inflow (m ³ /jam)	= $\frac{\text{Net inflow} \times 3600}{1000}$
Volume Inflow	= $\frac{\text{inf low} \times 3600}{1000}$
Volume Outflow	= $\frac{\text{outflow} \times 3600}{1000}$
Volume air eff. Dalam tandon	= Volume air eff. dalam tandon (jam sebelumnya) + Net Inflow (jam sebelumnya)
Volume air total dalam tandon	= Volume air eff. dalam tandon + Volume mati
Tinggi Air Dalam Tandon	= $\frac{\text{Volume air dalam tan don}}{\text{Luas}}$



Gambar 4.7 Grafik Fluktuasi Muka Air dalam Tandon (Tahun 2014)

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.8 Grafik *Inflow* dan *Outflow* Tandon (Tahun 2014)

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan 3 metode, yaitu metode aritmatik, metode geometrik, dan metode eksponensial. Setelah diketahui hasil perhitungan masing-masing metode, maka dihitung standar deviasinya. Penentuan metode proyeksi penduduk yang dipilih berdasarkan nilai standar deviasi yang terkecil.

Dalam Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM No. 18/PRT/M/2007, proyeksi penduduk dilakukan dalam jangka waktu 15-20 tahun kedepan. Perhitungan proyeksi penduduk pada studi ini dilakukan sampai dengan 15 tahun kedepan mulai dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2030.

Tabel 4.10 Prosentase Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Ngajum

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertambahan Penduduk %
2010	10928	
2011	10932	0,04
2012	10946	0,13
2013	10960	0,13
2014	12122	10,60
Rata-rata		3,62

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.11 Prosentase Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Palaan

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertambahan Penduduk %
2010	3230	
2011	3283	1,64
2012	3312	0,88
2013	3341	0,88
2014	3392	1,53
Rata-rata		1,10

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 Prosentase Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Talangagung

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertambahan Penduduk %
2010	6660	
2011	6660	0,00
2012	6657	-0,05
2013	6784	1,91
2014	6874	1,33
Rata-rata		1,06

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 Prosentase Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Jatikerto

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertambahan Penduduk %
2010	6849	
2011	6773	-1,11
2012	6688	-1,25
2013	6603	-1,27
2014	7081	7,24
Rata-rata		1,57

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel diatas merupakan tabel yang menunjukkan prosentase laju pertumbuhan penduduk di masing-masing desa.

4.3.1 Perhitungan Metode Proyeksi Penduduk

4.3.1.1 Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode geometrik dihitung berdasarkan persamaan (2-1) dan tabel (4-1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Ngajum tahun 2015:

$$P_0 = 10.928 \text{ jiwa (Tahun 2010)}$$

$$n = 5 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 3,62\% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2015 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0(1+r)^n \\ &= 10.928(1+0,0362)^5 \\ &= 13.054 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2030 disajikan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Geometrik

Tahun	Ngajum	Palaan	Talangagung	Jatikerto
2010	10928	3230	6660	6849
2011	10932	3283	6660	6773
2012	10946	3312	6657	6688
2013	10960	3341	6784	6603
2014	12122	3392	6874	7081
2015	13054	3411	7022	7230
2016	13527	3448	7096	7344
2017	14016	3486	7172	7459
2018	14523	3524	7248	7576
2019	15049	3563	7325	7695
2020	15594	3602	7403	7816
2021	16158	3641	7482	7939
2022	16743	3681	7561	8064
2023	17349	3721	7642	8190
2024	17977	3762	7723	8319
2025	18628	3803	7805	8450
2026	19302	3845	7888	8583
2027	20000	3887	7972	8717
2028	20724	3930	8056	8854
2029	21474	3973	8142	8993
2030	22252	4016	8229	9135

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.1.2 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode aritmatik dihitung berdasarkan persamaan (2-2) dan tabel (4-1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Ngajum tahun 2015:

$$P_0 = 10.928 \text{ jiwa (Tahun 2010)}$$

$$n = 5 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 3,62\% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2015 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r \cdot n) \\ &= 10.928 (1 + (0,0362 \cdot 5)) \\ &= 12.906 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2030 disajikan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik

Tahun	Ngajum	Palaan	Talangagung	Jatikerto
2010	10928	3230	6660	6849
2011	10932	3283	6660	6773
2012	10946	3312	6657	6688
2013	10960	3341	6784	6603
2014	12122	3392	6874	7081
2015	12906	3407	7014	7213
2016	13301	3442	7085	7318
2017	13697	3478	7156	7424
2018	14092	3513	7226	7529
2019	14488	3548	7297	7634
2020	14883	3584	7368	7739
2021	15279	3619	7439	7844
2022	15674	3654	7510	7949
2023	16070	3690	7580	8054
2024	16465	3725	7651	8159
2025	16861	3761	7722	8264
2026	17256	3796	7793	8369
2027	17652	3831	7864	8474
2028	18047	3867	7934	8579
2029	18443	3902	8005	8684
2030	18839	3937	8076	8789

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.1.3 Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode eksponensial dihitung berdasarkan persamaan (2-3) dan tabel (4-1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Ngajum tahun 2015:

$$P_0 = 10.928 \text{ jiwa (Tahun 2010)}$$

$$n = 5 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 3,62\% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

$$e = 2,7182818 \text{ (bilangan logaritma natural)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2015 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\ &= 10.928 \cdot 2,7182818^{(0,0362 \cdot 5)} \\ &= 13.096 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2030 disajikan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Eksponensial

Tahun	Ngajum	Palaan	Talangagung	Jatikerto
2010	10928	3230	6660	6849
2011	10932	3283	6660	6773
2012	10946	3312	6657	6688
2013	10960	3341	6784	6603
2014	12122	3392	6874	7081
2015	13096	3412	7024	7235
2016	13579	3449	7099	7349
2017	14079	3487	7175	7465
2018	14598	3526	7251	7584
2019	15136	3565	7329	7704
2020	15694	3604	7407	7826
2021	16272	3644	7486	7950
2022	16872	3684	7566	8076
2023	17494	3724	7647	8203
2024	18139	3765	7729	8333
2025	18807	3807	7811	8465
2026	19500	3849	7895	8599
2027	20219	3891	7979	8736
2028	20964	3934	8065	8874
2029	21737	3977	8151	9014
2030	22538	4021	8238	9157

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.1.4 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Pemilihan metode proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan cara pengujian statistik yaitu pada nilai standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi mendekati satu. Hasil perhitungan nilai standart deviasi dan koefisien korelasi disajikan pada tabel 4.17 dan tabel 4.18:

Tabel 4.17 Perhitungan Standar Deviasi sebagai Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Desa	Metode Proyeksi		
	Geometrik	Aritmatik	Eksponensial
Ngajum	3675,534	2629,261	3768,081
Palaan	240,865	216,275	242,457
Talangagung	510,479	463,281	513,569
Jatikerto	792,011	685,450	799,411

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Perhitungan Koefisien Korelasi sebagai Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Desa	Metode Proyeksi		
	Geometrik	Aritmatik	Eksponensial
Ngajum	0,736	0,739	0,736
Palaan	0,993	0,993	0,993
Talangagung	0,890	0,945	0,890
Jatikerto	0,773	0,773	0,773

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan standart deviasi pada tabel 4.17 dan tabel koefisien korelasi pada tabel 4.18, maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi mendekati satu adalah metode proyeksi aritmatik

sehingga metode ini dipilih sebagai metode untuk proyeksi jumlah penduduk pada masing-masing desa.

Tabel 4.19 Proyeksi Penduduk yang Dipakai sebagai Dasar Perhitungan Air Bersih

Tahun	Ngajum	Palaan	Talangagung	Jatikerto
2010	10928	3230	6660	6849
2011	10932	3283	6660	6773
2012	10946	3312	6657	6688
2013	10960	3341	6784	6603
2014	12122	3392	6874	7081
2015	12906	3407	7014	7213
2016	13301	3442	7085	7318
2017	13697	3478	7156	7424
2018	14092	3513	7226	7529
2019	14488	3548	7297	7634
2020	14883	3584	7368	7739
2021	15279	3619	7439	7844
2022	15674	3654	7510	7949
2023	16070	3690	7580	8054
2024	16465	3725	7651	8159
2025	16861	3761	7722	8264
2026	17256	3796	7793	8369
2027	17652	3831	7864	8474
2028	18047	3867	7934	8579
2029	18443	3902	8005	8684
2030	18839	3937	8076	8789

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih untuk Tahap Pengembangan

Perhitungan Proyeksi kebutuhan air bersih PDAM Unit Ngajum Kabupaten Malang :

A. Kebutuhan Domestik dan Non Domestik

Kebutuhan air bersih terdiri dari 2 macam, yaitu kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga. Berdasarkan asumsi PDAM Unit Ngajum, kebutuhan air bersih sebesar 80 liter/orang/hari. Kebutuhan non domestik merupakan kebutuhan air bersih untuk berbagai fasilitas umum. Berdasarkan Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM tingkat pelayanan air untuk kebutuhan non domestik sebesar 15% dari kebutuhan domestik.

B. Fluktuasi Kebutuhan Air

Besarnya pemakaian air pada daerah studi berbeda setiap jamnya, hal ini dikarenakan terjadinya fluktuasi pada setiap jam yang dipengaruhi oleh pemakaian/faktor beban konsumen.

Dalam perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih ini didapat:

- Kebutuhan air rata-rata = Kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik + kehilangan air
- Kebutuhan air maksimum = 1,15 x Kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan jam puncak = 1,56 x Kebutuhan air rata-rata

C. Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan besar air yang hilang selama proses pendistribusian air. Kehilangan air dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

✚ Kehilangan air fisik

Kehilangan air fisik yaitu kehilangan air yang secara nyata terbuang dari sistem distribusi. Penyebab kehilangan air fisik adalah faktor teknis, misalnya : kebocoran pada pipa dan akurasi meteran yang tidak tepat.

✚ Kehilangan air non fisik

Kehilangan air non fisik yaitu kehilangan air yang terpakai, tetapi tidak dapat dipertanggungjawabkan penggunaannya. Beberapa contoh kehilangan air non fisik adalah kesalahan membaca meteran, dan sambungan liar.

Tingkat kehilangan air adalah suatu angka dalam presentase yang menunjukkan besarnya jumlah air yang merupakan hasil produksi tetapi tidak bisa tertagih atau tidak bisa menjadi pendapatan bagi perusahaan. Angka kehilangan air yang dianggap wajar atau dalam batas toleransi adalah 30%.

4.4.1 Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Tahap Pengembangan

Rencana pelayanan kebutuhan air bersih pada tahap pengembangan sebesar meningkat 5% dari jumlah prosentase awal pada masing – masing desa, kecuali Desa Jatikerto naik 7,5% dari jumlah prosentase awal. Penambahan prosentase pelayanan berdasarkan prosentase pertambahan penduduk. Khusus untuk Desa Ngajum tidak berdasar pada prosentase pertambahan penduduk, hal ini dikarenakan sebagian besar penduduk Desa Ngajum dilayani oleh swadaya masyarakat.

Tabel 4.20 Pengembangan Prosentase (%) Jumlah Pelanggan (SR) Daerah Pelayanan PDAMUnit Ngajum

No	Desa	Jumlah Sambungan Rumah (%)			
		2014	2020	2025	2030
1.	Ngajum	18	23	28	28
2.	Palaan	35	40	45	45
3.	Talangagung	50	55	60	60
4.	Jatikerto	-	10	17,5	17,5

Sumber: PDAM Unit Ngajum

Potensi debit Sumber Ubalan yaitu 350 liter/detik. Debit sebesar 20 liter/detik digunakan oleh PDAM Unit Ngajum pada kondisi *existing* (Tahun 2014). PDAM Unit Ngajum pada tahap pengembangan meningkatkan debit menjadi 25 liter/detik. Peningkatan debit hanya sampai 25 liter/detik karena debit 185 liter/detik digunakan untuk kebutuhan irigasi, HIPPAM (Himpunan Penduduk Pengguna Air Minum) dan kebutuhan lainnya.

Debit pada kondisi pengembangan yang masuk ke Tandon Ngajum sebesar 25 liter/detik, melayani kebutuhan air bersih untuk Desa Ngajum, Desa Palaan, Desa Talangagung, dan Desa Jatikerto

Berikut ini adalah contoh perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Desa Ngajum tahun 2020 dengan prosentase penduduk seperti pada tabel 4.21 dan kehilangan air sebesar 20% :

1. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2020 sebesar 14.883 jiwa

2. Asumsi jumlah jiwa/ rumah adalah 4 orang

3. Jumlah Sambungan Rumah

$$= 14.883 / 4$$

$$= 3721 \text{ SR}$$

4. Prosentase jumlah SR adalah 23%

5. Jumlah SR

$$= 23\% \times 3721 \text{ SR}$$

$$= 856 \text{ SR}$$

6. Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari adalah 80 lt/org/hr

7. Kebutuhan air domestik

$$= \text{Jumlah SR} \times \text{Kebutuhan tiap orang} \times \text{jumlah jiwa}$$

$$= 856 \times 80 \text{ lt/org/hr} \times 4$$

$$= 273.920 \text{ lt/hr}$$

$$= 3,17 \text{ lt/dtk}$$

8. Kebutuhan non domestik

$$= 15\% \times \text{kebutuhan air domestik}$$

$$= 15\% \times 3,170 \text{ lt/dtk}$$

$$= 0,48 \text{ lt/hr}$$

9. Kebutuhan air bersih rata-rata

$$= \text{Total kebutuhan air} + \text{kehilangan air}$$

$$= (Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}) + \text{kehilangan air}$$

$$= (3,17 \text{ lt/dtk} + 0,48 \text{ lt/dtk}) + (20\% \times 3,646 \text{ lt/dtk})$$

$$= 3,65 \text{ lt/dtk} + 0,73 \text{ lt/dtk}$$

$$= 4,38 \text{ lt/dtk}$$

10. Kebutuhan air maksimum

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

$$= 1,15 \times 4,375$$

$$= 5,03 \text{ lt/dtk}$$

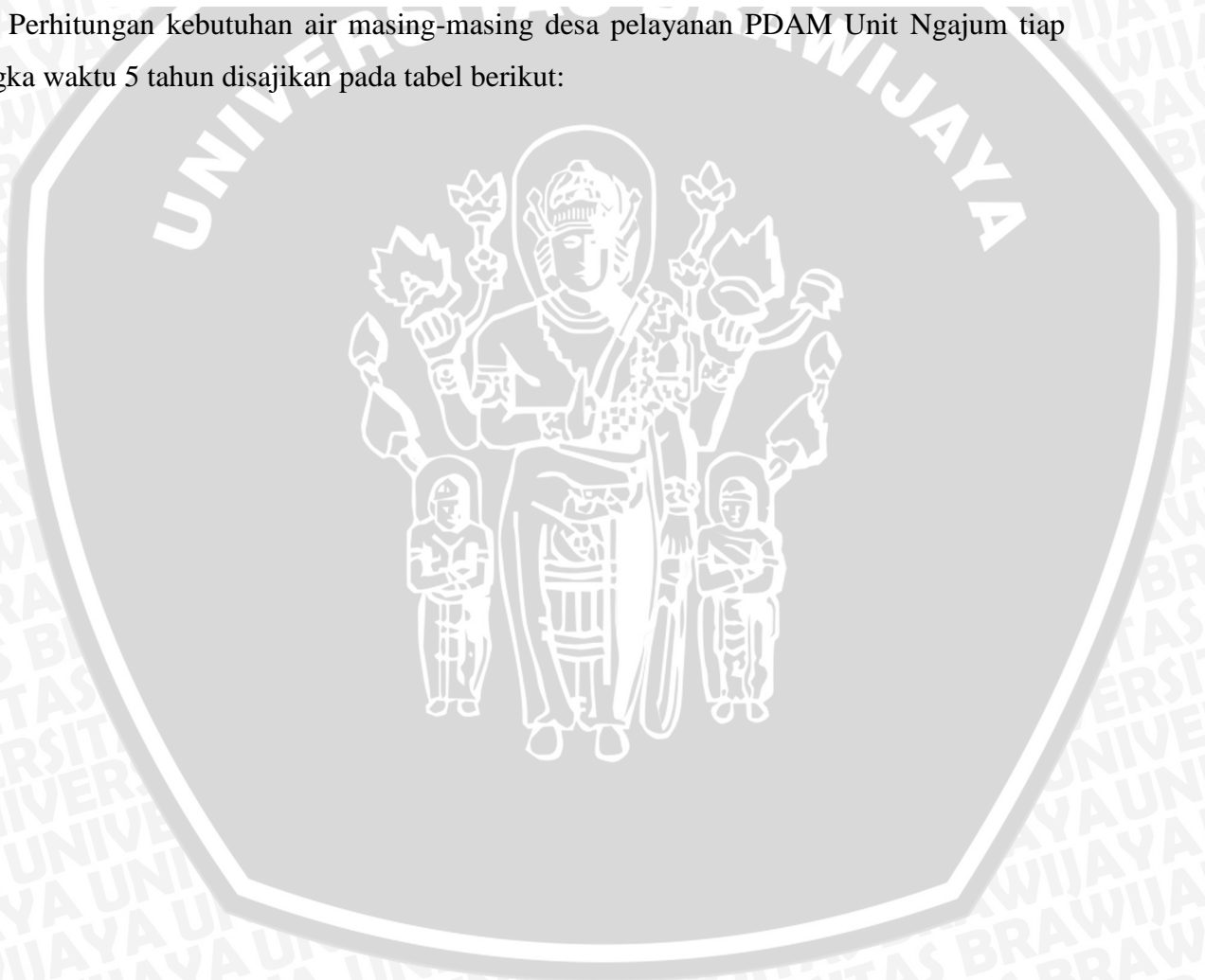
11. Kebutuhan jam puncak

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

$$= 1,56 \times 4,375$$

$$= 6,83 \text{ lt/dtk}$$

Perhitungan kebutuhan air masing-masing desa pelayanan PDAM Unit Ngajum tiap jangka waktu 5 tahun disajikan pada tabel berikut:



Tabel 4.21 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Ngajum Tahap Pengembangan

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2020	2025	2030
1	Jumlah penduduk total	jiwa	14883	16861	18839
2	Jumlah jiwa / Rumah	jiwa	4	4	4
3	Jumlah Rumah	Unit Rumah	3721	4215	4710
4	prosentase jumlah SR	%	23	28	28
5	Jumlah SR	Unit Rumah	856	1180	1319
6	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	80	80	80
7	Kebutuhan air domestik	lt/hari	273920	377600	422080
		lt/detik	3,17	4,37	4,89
8	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,48	0,66	0,73
9	Kebutuhan air baku rata-rata (dengan kebocoran 20%)	lt/detik	4,38	6,03	6,74
		m ³ /hari	378,01	521,09	582,47
		m ³ /bulan	11340,29	15632,64	17474,11
		juta m ³ /tahun	0,14	0,19	0,21
10	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih	lt/detik	5,03	6,94	7,75
11	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/detik	6,83	9,41	10,52

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.22 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Palaan Tahap Pengembangan

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2020	2025	2030
1	Jumlah penduduk total	jiwa	3584	3761	3937
2	Jumlah jiwa / Rumah	jiwa	4	4	4
3	Jumlah Rumah	Unit Rumah	896	940	984
4	prosentase jumlah SR	%	40	45	45
5	Jumlah SR	Unit Rumah	358	423	443
6	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	80	80	80
7	Kebutuhan air domestik	lt/hari	114560	135360	141760
		lt/detik	1,33	1,57	1,64
8	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,20	0,24	0,25
9	Kebutuhan air baku rata-rata (dengan kebocoran 20%)	lt/detik	1,83	2,16	2,26
		m ³ /hari	158,09	186,80	195,63
		m ³ /bulan	4742,78	5603,90	5868,86
		juta m ³ /tahun	0,06	0,07	0,07
10	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih	lt/detik	2,10	2,49	2,60
11	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/detik	2,85	3,37	3,53

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.23 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Talangagung Tahap Pengembangan

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2020	2025	2030
1	Jumlah penduduk total	jiwa	7368	7722	8076
2	Jumlah jiwa / Rumah	jiwa	4	4	4
3	Jumlah Rumah	Unit Rumah	1842	1931	2019
4	prosentase jumlah SR	%	55	60	60
5	Jumlah SR	Unit Rumah	1013	1159	1211
6	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	80	80	80
7	Kebutuhan air domestik	lt/hari	324160	370880	387520
		lt/detik	3,75	4,29	4,49
8	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,56	0,64	0,67
9	Kebutuhan air baku rata-rata (dengan kebocoran 20%)	lt/detik	5,18	5,92	6,45
		m ³ /hari	447,34	511,81	557,06
		m ³ /bulan	13420,22	15354,43	16711,80
		juta m ³ /tahun	0,16	0,19	0,20
10	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih	lt/detik	5,95	6,81	7,41
11	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/detik	8,08	9,24	10,06

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Jatikerto Tahap Pengembangan

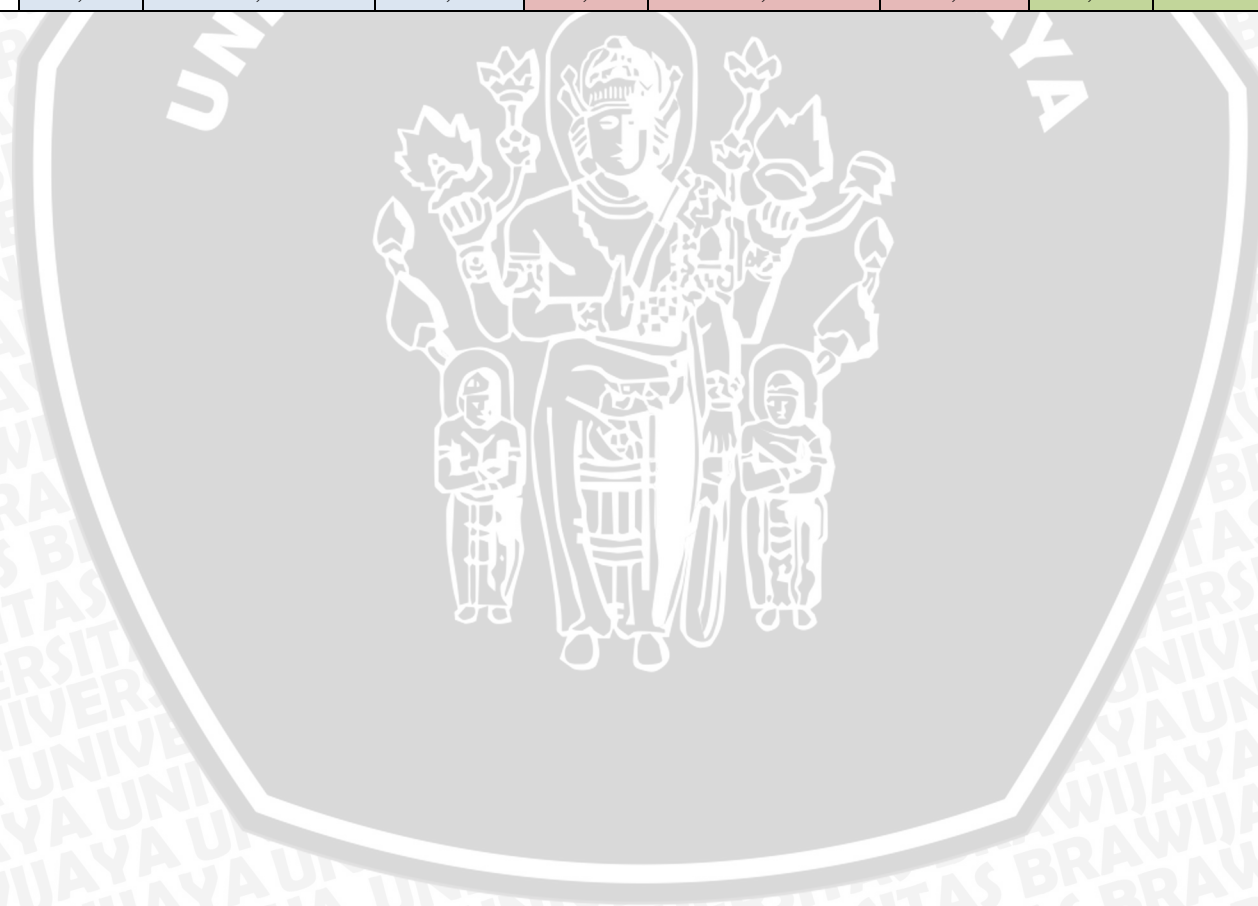
No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2020	2025	2030
1	Jumlah penduduk total	jiwa	7739	8264	8789
2	Jumlah jiwa / Rumah	jiwa	4	4	4
3	Jumlah Rumah	Unit Rumah	1935	2066	2197
4	prosentase jumlah SR	%	10	17,5	17,5
5	Jumlah SR	Unit Rumah	194	362	384
6	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hr/org	80	80	80
7	Kebutuhan air domestik	lt/hari	62080	115840	122880
		lt/detik	0,72	1,34	1,42
8	Kebutuhan air non domestik = 15% Keb. Domestik	lt/detik	0,11	0,20	0,21
9	Kebutuhan air baku rata-rata (dengan kebocoran 20%)	lt/detik	0,99	1,85	1,96
		m ³ /hari	85,67	159,86	169,57
		m ³ /bulan	2570,11	4795,78	5087,23
		juta m ³ /tahun	0,03	0,06	0,06
10	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih	lt/detik	1,14	2,13	2,26
11	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/detik	1,55	2,89	3,06

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Tahap Pengembangan

Tandon Distribusi	Desa	Kebutuhan Air Bersih (2020)			Kebutuhan Air Bersih (2025)			Kebutuhan Air Bersih (2030)		
		Rata-Rata	Harian Maksimum	Jam Puncak	Rata-Rata	Harian Maksimum	Jam Puncak	Rata-Rata	Harian Maksimum	Jam Puncak
		l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk	l/dtk
Tandon Ngajum	Ngajum	4,38	5,03	6,83	6,03	6,94	9,41	6,74	7,75	10,52
	Palaan	1,83	2,10	2,85	2,16	2,49	3,37	2,26	2,60	3,53
	Talangagung	5,18	5,95	8,08	5,92	6,81	9,24	6,45	7,41	9,24
	Jatikerto	0,99	1,14	1,55	1,85	2,13	2,89	1,96	2,26	3,06
Jumlah		12,37	14,23	19,30	15,97	18,36	24,91	17,42	20,03	26,35

Sumber: Hasil Perhitungan



4.5 Kriteria Design untuk Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

4.5.1 Perhitungan Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Fungsi dari suatu sistem jaringan distribusi air bersih adalah untuk menyediakan besarnya kebutuhan bagi konsumen dengan tekanan yang cukup pada berbagai macam kondisi permintaan.

Kondisi permintaan pada studi ini didefinisikan sebagai fluktuasi dari kebutuhan harian di suatu titik simpul (debit pembebanan) yang diakibatkan oleh suatu urutan corak perubahan kebutuhan sepanjang hari, kebutuhan puncak harian dan adanya kebutuhan krisis ketika terjadi kerusakan pada pipa.

Kriteria dan asumsi yang dipakai untuk mengevaluasi adanya variasi debit pembebanan di setiap titik simpul pada studi ini adalah sebagai berikut:

- a. Corak variasi kebutuhan air bersih harian yang terjadi pada titik simpul dihitung dengan metode pendekatan penelitian corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian yang dilakukan oleh Ditjen Cipta Karya Departemen PU (Anonim, 1994:24) seperti yang disajikan pada Gambar 2.1 dan Tabel 2.2.
- b. Variasi kebutuhan air akibat kebutuhan puncak harian yang terjadi pada titik simpul dengan pendekatan faktor kebutuhan air puncak (*peak factor*) pada sistem distribusi air bersih diasumsikan sudah terwakili dalam corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian dengan metode pendekatan hasil penelitian Ditjen Cipta Karya tersebut. Kebutuhan jam puncak harian terjadi pada jam ke-8 dengan *peak factor* sebesar 1,56 dari kebutuhan rata-rata.

4.5.2 Sistem Pengolahan Data

Awal pengerjaan jaringan distribusi air bersih pada lokasi studi dilakukan dengan melihat kondisi topografi lokasi studi. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam hal perletakan *junction*, pipa, *reservoir*, maupun tandon, sistem pengaliran pada daerah kajian dilakukan secara gravitasi. Setelah selesai membuat jaringan distribusi air bersih, dilanjutkan dengan memasukkan elevasi dan *demand* atau kebutuhan (jika ada) sesuai dengan kebutuhan pada akhir proyeksi penduduk pada masing-masing *junction*. Jenis pipa yang akan digunakan dalam studi ini adalah pipa PVC dengan koefisien *Hazzen-William* = 150 (Tabel 2.3).

4.5.3 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Pada Tiap Desa

Perhitungan kebutuhan air bersih pada masing-masing desa dilakukan untuk mengetahui jumlah debit yang dibutuhkan pada masing-masing desa. Hal ini dilakukan untuk menentukan diameter pipa yang akan digunakan sehingga pada saat air bersih

dialirkan, baik tekanan, *headloss gradient*, maupun kecepatan air didalam pipa sesuai dengan kriteria perencanaan yang telah ditetapkan.

4.6 Evaluasi Kondisi Tahap Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Pada tahap pengembangan terjadi penambahan jumlah pelanggan, sehingga pengembangan daerah yang dikaji direncanakan berdasarkan kondisi daerah *existing* yang ada, dengan tahap pengembangan lima tahun yaitu tahap I pada tahun 2020, tahap II pada tahun 2025, dan tahap III pada tahun 2030.

Berdasarkan hasil analisa kondisi *existing* (Tahun 2014), daerah studi mampu memenuhi 30% dari total jumlah penduduk, pada tahap pengembangan ini akan direncanakan penambahan prosentase jumlah penduduk terlayani dan pengembangan jaringan pada Desa Jatikerto.

Dalam setiap pengembangan, kapasitas air bersih yang tersedia saat kondisi *existing* dipergunakan seluruhnya hingga kebutuhan pada tahap I terpenuhi. Jika terjadi kekurangan air bersih pada tahap pengembangan, maka perlu dilakukan upaya-upaya dalam memenuhi kebutuhan air bersih tersebut, yaitu antara lain dengan penambahan, perubahan maupun penggantian elemen-elemen sistem jaringan distribusi air bersih.

4.6.1 Analisis Simulasi Kondisi Tidak Permanen pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2020

Perencanaan pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih PDAM Unit Ngajum pada Tahap I (Tahun 2020) adalah penambahan jumlah pelayanan dari 30% menjadi 35% dari total penduduk, penggantian diameter pipa dengan yang lebih kecil, serta penambahan jaringan untuk daerah pelayanan Desa Jatikerto dengan jumlah pelayanan 10% dari total penduduk dengan jalur pipa sepanjang 2,15 km.

Penggantian pipa yang lebih kecil dilakukan pada pipa yang memiliki kecepatan yang tidak memenuhi nilai kecepatan minimal sebesar 0,1 m/detik. Hal ini dilakukan karena diameter pipa besar menyebabkan kecepatan dalam pipa kecil. Oleh karena itu dengan adanya penggantian diameter pipa diharapkan dapat memperbesar besarnya kecepatan.

Dari hasil simulasi pada kondisi *existing* yang telah dilakukan dapat diketahui beberapa pipa yang tidak sesuai lagi untuk digunakan pada tahap pengembangan. Berikut adalah Tabel penggantian pipa dengan diameter yang lebih kecil:

Tabel 4.26 Penggantian Diameter Pipa pada Pengembangan Tahap I (Tahun 2020)

No. Pipa	Diameter Lama	Diameter Baru
P55	6	3
P108	4	3
P109	4	3
P110	4	3
P111	4	3
P112	4	3
P113	4	3
P114	4	3

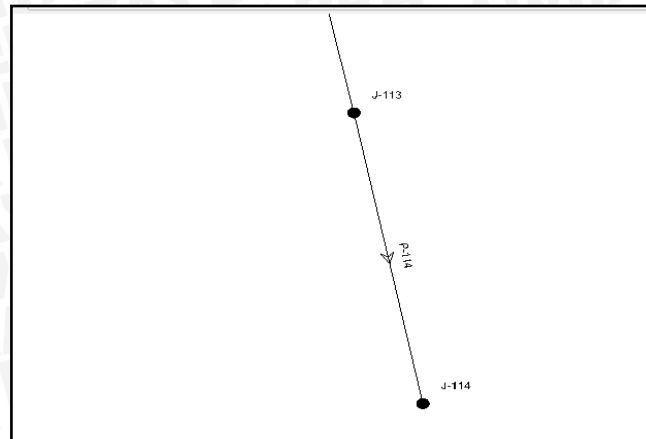
Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Berikut adalah Tabel pemasangan pipa baru pada pengembangan tahap I:

Tabel 4.27 Pemasangan Pipa Baru Pada Pengembangan Tahap I (Tahun 2020)

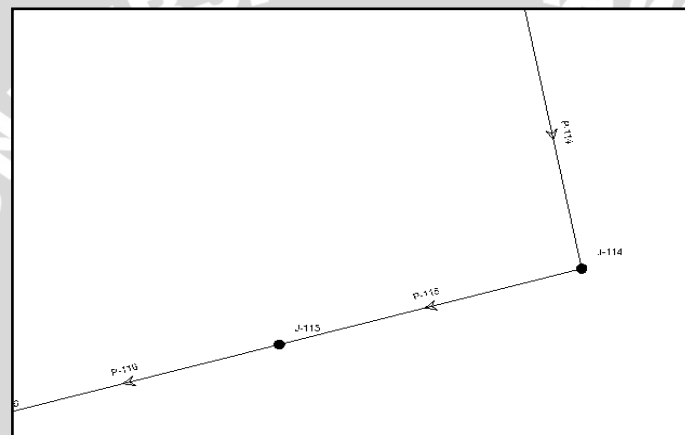
No Pipa	Panjang (m)	Titik Simpul		Diameter (in)	Material
		Dari	Ke		
P-115	50	J-114	J-115	3	PVC
P-116	50	J-115	J-116	3	PVC
P-117	50	J-116	J-117	3	PVC
P-118	50	J-117	J-118	3	PVC
P-119	50	J-118	J-119	3	PVC
P-120	50	J-119	J-120	3	PVC
P-121	50	J-120	J-121	3	PVC
P-122	50	J-121	J-122	3	PVC
P-123	50	J-122	J-123	3	PVC
P-124	50	J-123	J-124	3	PVC
P-125	50	J-124	J-125	3	PVC
P-126	50	J-125	J-126	3	PVC
P-127	50	J-126	J-127	3	PVC
P-128	50	J-127	J-128	3	PVC
P-129	50	J-128	J-129	3	PVC
P-130	50	J-129	J-130	3	PVC
P-131	50	J-130	J-131	3	PVC
P-132	50	J-131	J-132	3	PVC
P-133	50	J-132	J-133	3	PVC
P-134	50	J-133	J-134	3	PVC
P-135	50	J-134	J-135	3	PVC
P-136	50	J-135	J-136	3	PVC
P-137	50	J-136	J-137	3	PVC
P-138	50	J-137	J-138	3	PVC
P-139	50	J-138	J-139	3	PVC
P-140	50	J-139	J-140	3	PVC
P-141	50	J-140	J-141	3	PVC
P-142	50	J-141	J-142	3	PVC
P-143	50	J-142	J-143	3	PVC
P-144	50	J-143	J-144	3	PVC
P-145	50	J-144	J-145	3	PVC
P-146	50	J-145	J-146	3	PVC
P-147	50	J-146	J-147	3	PVC
P-148	50	J-147	J-148	3	PVC
P-149	50	J-148	J-149	3	PVC
P-150	50	J-149	J-150	3	PVC
P-151	50	J-150	J-151	3	PVC
P-152	50	J-151	J-152	3	PVC
P-153	50	J-152	J-153	3	PVC
P-154	50	J-153	J-154	3	PVC
P-155	50	J-154	J-155	3	PVC
P-156	50	J-155	J-156	3	PVC
P-157	43	J-156	J-157	3	PVC

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.9 Contoh Jaringan Sebelum Penambahan Pipa

Sumber: Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.10 Contoh Jaringan Sesudah Penambahan Pipa

Sumber: Program *WaterCAD V8i*

4.6.1.1 Analisis Tekanan Pada Titik Simpul (Tahun 2020)

Tekan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Setelah dilakukan perubahan diameter pada beberapa pipa didapatkan tekanan yang memenuhi kriteria perencanaan.

Berikut ini adalah contoh perhitungan tekanan dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-55:

Diketahui:

- Elevasi *Reservoir* = +403 m
- Elevasi *Junction 55* = +357 m
- $Q_{kebutuhan\ rata-rata}$ = 1,83 lt/dtk



$$\begin{aligned}
 Q_{\text{outflow}} \text{ Jam ke } 00.00 &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer} \\
 &= 1,83 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\
 &= 0,512 \text{ lt/dtk} \\
 &= 0,000512 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$C_{hw} (C) = 150 \text{ (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)}$$

$$\text{Panjang Pipa (L)} = 2,734 \text{ km} = 2734 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 3 \text{ inch} = 0,0762 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\checkmark k = \frac{10,7 \times L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7 \times 2734}{150^{1,85} \times 0,0762^{4,87}} = 767878,925$$

$$\checkmark h_f = k \cdot Q^{1,85} = 767878,925 \times (0,000512)^{1,85} = 0,6272 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \textit{Headloss gradient} &= Hf_{\text{kehilangan energi}} / L \\
 &= 0,6272 / 2734 \\
 &= 0,000229 \text{ m/m} \\
 &= 0,23 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

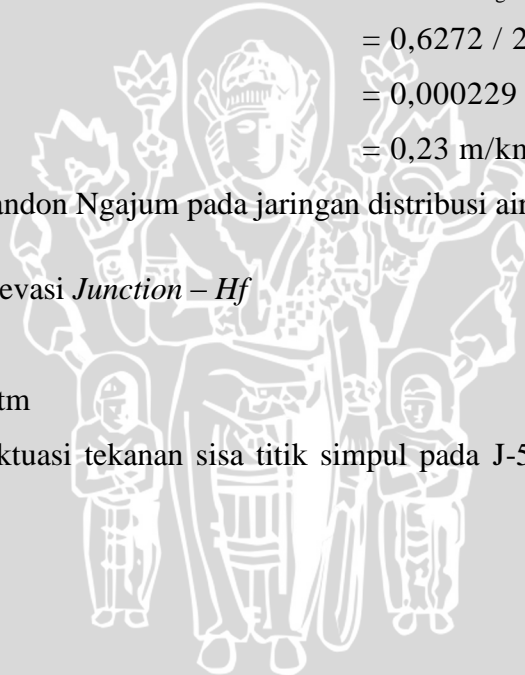
Jadi, *Headloss Gradient* dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih adalah sebesar 0,229 m/km.

Tekanan = Elevasi Tandon – Elevasi *Junction* – *Hf*

$$= 403 - 357 - 0,23$$

$$= 45,7 \text{ kg/cm} = 4,57 \text{ atm}$$

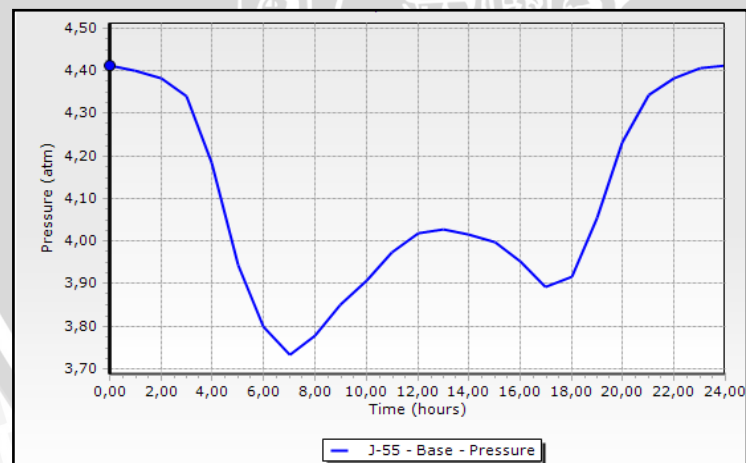
Berikut disajikan hasil fluktuasi tekanan sisa titik simpul pada J-55 dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:



Tabel 4.28 Contoh Hasil Simulasi Titik Simpul pada J-55

Waktu (jam)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
0.00	402,69	4,41	0,5 - 8	Memenuhi
1.00	402,55	4,40	0,5 - 8	Memenuhi
2.00	402,37	4,38	0,5 - 8	Memenuhi
3.00	401,93	4,34	0,5 - 8	Memenuhi
4.00	400,32	4,18	0,5 - 8	Memenuhi
5.00	397,84	3,94	0,5 - 8	Memenuhi
6.00	396,33	3,80	0,5 - 8	Memenuhi
7.00	395,64	3,73	0,5 - 8	Memenuhi
8.00	396,11	3,78	0,5 - 8	Memenuhi
9.00	396,86	3,85	0,5 - 8	Memenuhi
10.00	397,46	3,91	0,5 - 8	Memenuhi
11.00	398,14	3,97	0,5 - 8	Memenuhi
12.00	398,60	4,02	0,5 - 8	Memenuhi
13.00	398,70	4,03	0,5 - 8	Memenuhi
14.00	398,57	4,01	0,5 - 8	Memenuhi
15.00	398,39	4,00	0,5 - 8	Memenuhi
16.00	397,92	3,95	0,5 - 8	Memenuhi
17.00	397,30	3,89	0,5 - 8	Memenuhi
18.00	397,54	3,92	0,5 - 8	Memenuhi
19.00	398,98	4,05	0,5 - 8	Memenuhi
20.00	400,82	4,23	0,5 - 8	Memenuhi
21.00	401,97	4,34	0,5 - 8	Memenuhi
22.00	402,37	4,38	0,5 - 8	Memenuhi
23.00	402,62	4,41	0,5 - 8	Memenuhi
24.00	402,69	4,41	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.11 Grafik Fluktuasi Tekanan J-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i* dapat diketahui:

- Contoh titik simpul J-55 diperoleh tekanan maksimum terjadi pada saat kebutuhan air minimal yaitu pukul 00.00 yaitu sebesar 4,41 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 07.00 sebesar 3,73 atm. Hasil tersebut masih sesuai dengan kriteria perencanaan (maksimum tekanan 8 atm).
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-07.00. Tekanan meningkat saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 08.00-13.00. Kemudian tekanan kembali menurun pada pukul 14.00-17.00 seperti ditunjukkan pada koefisien faktor pengali (*Load Faktor*) terhadap kebutuhan air bersih.
- Terjadi perubahan tekanan diakibatkan oleh besarnya debit yang masuk sedangkan diameter pipa tetap. Pada jam-jam puncak tekanan akan menjadi lebih kecil hal ini dikarenakan bertambahnya debit yang melalui pipa, karena diketahui bahwa semakin besar debit yang melalui pipa sedangkan diameter pipa tetap akan mengakibatkan kehilangan tinggi atau *headloss gradient* yang besar sehingga tekanan akan menjadi kecil.

Untuk hasil simulasi titik simpul daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada tahap pengembangan I (Tahun 2020) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.6.1.2 Analisis Kondisi Aliran pada Pipa Distribusi (Tahun 2020)

Pada simulasi kondisi tidak permanen terjadi corak permintaan yang berubah-ubah maka dengan luas penampang yang tetap sementara debit berubah pada setiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi dalam setiap jamnya berubah.

Berikut disajikan contoh perhitungan manual hasil simulasi pada lokasi perencanaan pipa P-55:

Diketahui:

$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 1,83 lt/dtk
$C_{\text{hw}} (C)$	= 150 (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)
Panjang Pipa (L)	= 2,734 km = 2734 m
Diameter pipa	= 3 inch = 0,0762 m

Penyelesaian:

$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 1,83 lt/dtk
----------------------------------	---------------

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{outflow Jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer} \\
 &= 1,83 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\
 &= 0,512 \text{ lt/dtk} \\
 &= 0,000512 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{f_{\text{kehilangan energi}}} &= \frac{(10,7 \times L)}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{(10,7 \times 2734)}{150^{1,85} \times 0,0762^{4,87}} \times 0,000512^{1,85} \\
 &= 0,6272 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= A/P \\
 &= (1/4 \times \pi \times D^2) / (\pi \times D) \\
 &= (1/4 \times 3,14 \times 0,0762^2) / (3,14 \times 0,0762) \\
 &= 0,0190
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\
 &= 0,6272 / 2734 \\
 &= 0,000229 \text{ m/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{P-55} &= 0,85 \times C \times R^{0,63} \times S^{0,54} \\
 &= 0,85 \times 150 \times 0,0190^{0,63} \times 0,000229^{0,54} \\
 &= 0,11 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Headloss gradient} &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\
 &= 0,6272 / 2734 \\
 &= 0,000229 \text{ m/m} \\
 &= 0,229 \text{ m/km}
 \end{aligned}$$

Berikut ini hasil simulasi pipa jaringan distribusi sebelum dan sesudah penggantian pipa dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:

Tabel 4.29 Hasil Simulasi pada Pipa Jaringan Distribusi Sebelum Penggantian Diameter Pipa Pukul 00.00

Pipa	Panjang (m)	Diameter (in)	Bahan	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P55	50	6	PVC	150	0,51	0,03	0,1 - 2,5	0,008	0 - 15	Tidak
P108	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak
P109	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak
P110	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak
P111	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak
P112	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak
P113	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak
P114	50	4	PVC	150	0,44	0,05	0,1 - 2,5	0,041	0 - 15	Tidak

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Tabel 4.30 Hasil Simulasi pada Pipa Jaringan Distribusi Sesudah Penggantian Diameter Pipa Pukul 00.00

Pipa	Panjang (m)	Diameter (in)	Bahan	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P55	50	3	PVC	150	0,51	0,11	0,1 - 2,5	0,224	0 - 15	Memenuhi
P108	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,165	0 - 15	Memenuhi
P109	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,166	0 - 15	Memenuhi
P110	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,166	0 - 15	Memenuhi
P111	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,165	0 - 15	Memenuhi
P112	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,166	0 - 15	Memenuhi
P113	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,165	0 - 15	Memenuhi
P114	50	3	PVC	150	0,44	0,10	0,1 - 2,5	0,166	0 - 15	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari tabel 4.29 dan 4.30 dapat diketahui bahwa sebelum adanya penggantian pipa, kecepatan pada pipa tidak memenuhi syarat kecepatan. Setelah dilakukan penggantian diameter pipa menjadi lebih kecil dapat dilihat kecepatan pada pipa dapat memenuhi syarat kecepatan yaitu 0,1-2,5 m/s.

Untuk hasil simulasi daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada jaringan pipa distribusi pada tahap pengembangan I (Tahun 2020) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.6.1.3 Analisis Pada Tandon (Tahun 2020)

Dari hasil perhitungan kondisi *existing* dengan *inflow* sebesar 20 liter/detik, mampu memenuhi 30% dari total jumlah penduduk dengan aliran 24 jam. Pada tahap pengembangan tahun 2020 prosentase pelayanan akan ditambahkan menjadi 35%, dan penambahan daerah pelayanan ke Desa Jatikerto dengan prosentase pelayanan 10%. Penambahan debit pada tahap ini tidak dilakukan karena debit yang ada pada tandon masih bisa memenuhi daerah pelayanan.

Tabel 4.31 Kondisi Muka Air dalam Tandon Tahap I (Tahun 2020)

Debit dari sumber 20 ltr/dtk
 Kebutuhan air rata-rata 12,374 ltr/dtk

Jam ke	Multiplier	Continuous Multiplier	Inflow	Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow	Volume Outflow	Kumulatif Volume Inflow	Kumulatif Volume Outflow	Volume air efektif tandon	Volume air total dalam tandon	Tinggi Air dalam Tandon
			l/det	l/det	l/det	m ³	m ³	/jam					
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
		$([2]n + [2]n+1)/2$		$\sum \text{Keb Air Rata-rata} \cdot [3]$	$[4] - [5]$	$([6] \cdot 3600) / 1000$	$([4] \cdot 3600) / 1000$	$([5] \cdot 3600) / 1000$	$[8]n + [10]n-1$	$[9]n + [11]n-1$	$[6]n-1 + [12]n-1$	$[12] + \text{Vol. mati (25)}$	$[13] / \text{Luas tandon}$
0	0,25	0,28	20,0	3,46	16,54	59,53	72,00	12,47	16,54	12,47	73,50	78,75	3,75
1	0,31	0,34	20,0	4,21	15,79	56,85	72,00	15,15	144,00	27,62	73,50	78,75	3,75
2	0,37	0,41	20,0	5,07	14,93	53,74	72,00	18,26	216,00	45,88	73,50	78,75	3,75
3	0,45	0,55	20,0	6,74	13,26	47,72	72,00	24,28	288,00	70,16	73,50	78,75	3,75
4	0,64	0,90	20,0	11,07	8,93	32,13	72,00	39,87	360,00	110,03	73,50	78,75	3,75
5	1,15	1,28	20,0	15,78	4,22	15,20	72,00	56,80	432,00	166,83	73,50	78,75	3,75
6	1,40	1,47	20,0	18,13	1,87	6,74	72,00	65,26	504,00	232,09	73,50	78,75	3,75
7	1,53	1,55	20,0	19,12	0,88	3,18	72,00	68,82	576,00	300,91	73,50	78,75	3,75
8	1,56	1,49	20,0	18,44	1,56	5,63	72,00	66,37	648,00	367,29	73,50	78,75	3,75
9	1,42	1,40	20,0	17,32	2,68	9,64	72,00	62,36	720,00	429,65	73,50	78,75	3,75
10	1,38	1,33	20,0	16,40	3,60	12,98	72,00	59,02	792,00	488,67	73,50	78,75	3,75
11	1,27	1,24	20,0	15,28	4,72	16,99	72,00	55,01	864,00	543,69	73,50	78,75	3,75
12	1,20	1,17	20,0	14,48	5,52	19,88	72,00	52,12	936,00	595,81	73,50	78,75	3,75
13	1,14	1,16	20,0	14,29	5,71	20,55	72,00	51,45	1008,00	647,26	73,50	78,75	3,75
14	1,17	1,18	20,0	14,54	5,46	19,66	72,00	52,34	1080,00	699,60	73,50	78,75	3,75
15	1,18	1,20	20,0	14,85	5,15	18,54	72,00	53,46	1152,00	753,06	73,50	78,75	3,75
16	1,22	1,27	20,0	15,65	4,35	15,65	72,00	56,35	1224,00	809,41	73,50	78,75	3,75
17	1,31	1,35	20,0	16,64	3,36	12,09	72,00	59,91	1296,00	869,32	73,50	78,75	3,75
18	1,38	1,32	20,0	16,27	3,73	13,42	72,00	58,58	1368,00	927,90	73,50	78,75	3,75
19	1,25	1,12	20,0	13,80	6,20	22,33	72,00	49,67	1440,00	977,57	73,50	78,75	3,75
20	0,98	0,80	20,0	9,90	10,10	36,36	72,00	35,64	1512,00	1013,21	73,50	78,75	3,75
21	0,62	0,54	20,0	6,62	13,38	48,17	72,00	23,83	1584,00	1037,04	73,50	78,75	3,75
22	0,45	0,41	20,0	5,07	14,93	53,74	72,00	18,26	1656,00	1055,30	73,50	78,75	3,75
23	0,37	0,31	20,0	3,84	16,16	58,19	72,00	13,81	1728,00	1069,11	73,50	78,75	3,75
24	0,25	0,28	20,0	3,46	16,54	59,53	72,00	12,47	1800,00	1081,59	73,50	78,75	3,75

Dimensi tandon yang direncanakan:

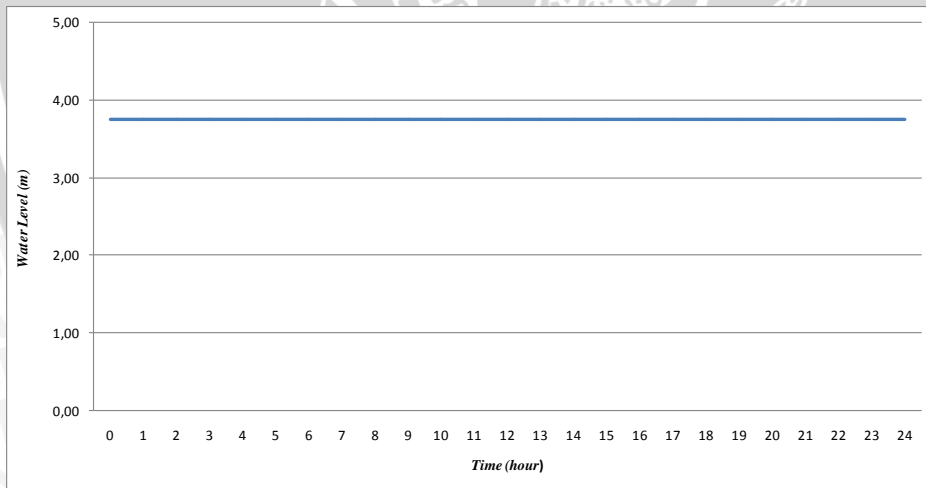
H min = 0,250 m
 H initial = 3,500 m
 H max = 3,500 m
 H jagaan = 0,250 m
 Panjang = 7,000 m
 Lebar = 3,000 m
 Luas = Panjang x Lebar
 = 21,000 m²

H Total = H min + H max + H jagaan = 6,500 m
 Vol. eff = Luas x H max = 74 m³
 Vol. mati = Luas x H min = 5 m³
 Vol. Tot = Vol efektif + Vol. mati = 79 m³

Sumber: Hasil Perhitungan

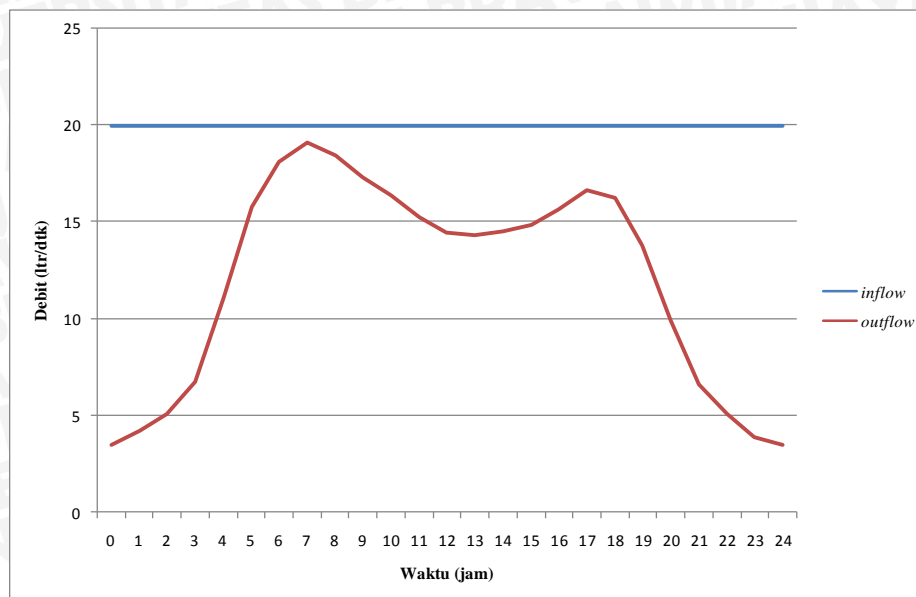
Keterangan:

Luas	= Panjang x Lebar
Volume eff.	= (Panjang x Lebar) x ($H_{initial} - H_{mati}$)
Volume mati	= (Panjang x Lebar) x H_{mati}
Volume total	= (Panjang x Lebar) x ($H_{initial} + H_{mati}$)
Outflow	= <i>Continuous Multiplayer</i> x Kebutuhan air rata-rata
Net Inflow	= <i>Inflow - Outflow</i>
Net Inflow (m^3/jam)	= $\frac{(Net\ Inflow\ x\ 3600)}{1000}$
Volume Inflow	= $\frac{Inflow\ x\ 3600}{1000}$
Volume Outflow	= $\frac{Out\ flow\ x\ 3600}{1000}$
Volume air eff. Dalam tandon	= Volume air eff. Dalam tandon (jam sebelumnya) + <i>Net Inflow</i> (jam sebelumnya)
Volume air total dalam tandon	= Volume air eff. Dalam tandon + Volume Mati
Tinggi Air Dalam Tandon	= $\frac{Volume\ Air\ Dalam\ Tandon}{Luas}$



Gambar 4.12 Grafik Fluktuasi Muka Air Dalam Tandon Tahap Pengembangan I

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.13 Grafik *Inflow* Dan *Outflow* Tahap Pengembangan I

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6.2 Analisis Simulasi Kondisi Tidak Permanen pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2025

Perencanaan pengembangan jaringan pada tahap II direncanakan dengan memakai jaringan yang sudah ada pada tahun 2020. Untuk pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih PDAM Unit Ngajum pada tahap II adalah penambahan prosentase pelayanan akan ditambahkan dari 35% menjadi 40% untuk daerah pelayanan sebelum pengembangan, dan penambahan prosentase untuk desa pengembangan (Desa Jatikerto) ditambahkan dari 10% menjadi 17,5%.

Dari hasil simulasi pada tahap pengembangan I yang telah dilakukan dapat diketahui pipa pengembangan tahap I masih layak untuk digunakan pada tahap pengembangan II.

4.6.2.1 Analisis Tekanan Pada Titik Simpul (Tahun 2025)

Tekan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Setelah dilakukan perubahan diameter pada beberapa pipa didapatkan tekanan yang memenuhi kriteria perencanaan.

Berikut ini adalah contoh perhitungan tekanan dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-55:

Diketahui:

$$\text{Elevasi Reservoir} = +403 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi Junction 55} = +357 \text{ m}$$

$$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} = 2,16 \text{ lt/dtk}$$

$$Q_{\text{outflow Jam ke 00.00}} = Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer}$$

$$= 2,16 \times ((0,25 + 0,31)/2)$$

$$= 0,605 \text{ lt/dtk}$$

$$= 0,000605 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$C_{hw} (C) = 150 \text{ (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)}$$

$$\text{Panjang Pipa (L)} = 2,734 \text{ km} = 2734 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 3 \text{ inch} = 0,0762 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\checkmark k = \frac{10,7 \times L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7 \times 2734}{150^{1,85} \times 0,0762^{4,87}} = 767878,925$$

$$\checkmark h_f = k \cdot Q^{1,85} = 767878,925 \times (0,000605)^{1,85} = 0,8542 \text{ m}$$

$$\checkmark \text{Headloss gradient} = H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L$$

$$= 0,8542 / 2734$$

$$= 0,000312 \text{ m/m}$$

$$= 0,31 \text{ m/km}$$

Jadi, *Headloss Gradient* dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih adalah sebesar 0,312 m/km.

$$\text{Tekanan} = \text{Elevasi Tandon} - \text{Elevasi Junction} - H_f$$

$$= 403 - 357 - 0,31$$

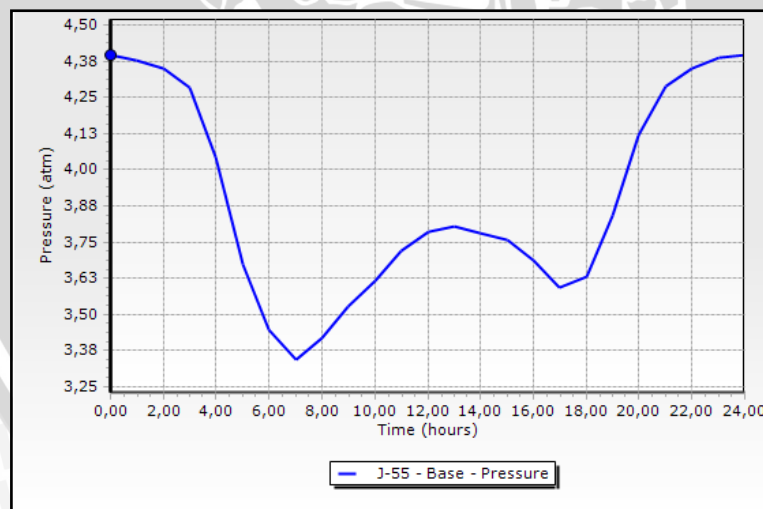
$$= 45,7 \text{ kg/cm} = 4,57 \text{ atm}$$

Berikut disajikan hasil fluktuasi tekanan sisa titik simpul pada J-55 dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:

Tabel 4.32 Contoh Hasil Simulasi Titik Simpul pada J-55

Waktu (jam)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
0.00	402,52	4,40	0,5 - 8	Memenuhi
1.00	402,31	4,38	0,5 - 8	Memenuhi
2.00	402,03	4,35	0,5 - 8	Memenuhi
3.00	401,35	4,28	0,5 - 8	Memenuhi
4.00	398,87	4,04	0,5 - 8	Memenuhi
5.00	395,04	3,67	0,5 - 8	Memenuhi
6.00	392,70	3,45	0,5 - 8	Memenuhi
7.00	391,64	3,35	0,5 - 8	Memenuhi
8.00	392,38	3,42	0,5 - 8	Memenuhi
9.00	393,53	3,53	0,5 - 8	Memenuhi
10.00	394,45	3,62	0,5 - 8	Memenuhi
11.00	395,50	3,72	0,5 - 8	Memenuhi
12.00	396,21	3,79	0,5 - 8	Memenuhi
13.00	396,37	3,80	0,5 - 8	Memenuhi
14.00	396,16	3,78	0,5 - 8	Memenuhi
15.00	395,89	3,76	0,5 - 8	Memenuhi
16.00	395,16	3,69	0,5 - 8	Memenuhi
17.00	394,21	3,59	0,5 - 8	Memenuhi
18.00	394,57	3,63	0,5 - 8	Memenuhi
19.00	396,79	3,84	0,5 - 8	Memenuhi
20.00	399,64	4,12	0,5 - 8	Memenuhi
21.00	401,41	4,29	0,5 - 8	Memenuhi
22.00	402,03	4,35	0,5 - 8	Memenuhi
23.00	402,42	4,39	0,5 - 8	Memenuhi
24.00	402,52	4,40	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.14 Grafik Fluktuasi Tekanan J-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i* dapat diketahui:

- Contoh titik simpul J-55 diperoleh tekanan maksimum terjadi pada saat kebutuhan air minimal yaitu pukul 00.00 yaitu sebesar 4,40 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 07.00 sebesar 3,35 atm. Hasil tersebut masih sesuai dengan kriteria perencanaan (maksimum tekanan 8 atm).
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-07.00. Tekanan meningkat saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 08.00-13.00. Kemudian tekanan kembali menurun pada pukul 14.00-17.00 seperti ditunjukkan pada koefisien faktor pengali (*Load Faktor*) terhadap kebutuhan air bersih.
- Terjadi perubahan tekanan diakibatkan oleh besarnya debit yang masuk sedangkan diameter pipa tetap. Pada jam-jam puncak tekanan akan menjadi lebih kecil hal ini dikarenakan bertambahnya debit yang melalui pipa, karena diketahui bahwa semakin besar debit yang melalui pipa sedangkan diameter pipa tetap akan mengakibatkan kehilangan tinggi atau *headloss gradient* yang besar sehingga tekanan akan menjadi kecil.

Untuk hasil simulasi titik simpul daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada tahap pengembangan II selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.6.2.2 Analisis Kondisi Aliran pada Pipa Distribusi (Tahun 2025)

Pada simulasi kondisi tidak permanen terjadi corak permintaan yang berubah-ubah maka dengan luas penampang yang tetap sementara debit berubah pada setiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi dalam setiap jamnya berubah.

Berikut disajikan contoh perhitungan manual hasil simulasi pada lokasi perencanaan pipa P-55:

Diketahui:

$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 2,16 lt/dtk
$C_{\text{hw}} (C)$	= 150 (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)
Panjang Pipa (L)	= 2,734 km = 2734 m
Diameter pipa	= 3 inch = 0,0762 m

Penyelesaian:

$$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} = 2,16 \text{ lt/dtk}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{outflow Jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer} \\ &= 2,16 \times ((0,25 + 0,31)/2) \\ &= 0,605 \text{ lt/dtk} \\ &= 0,000605 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{kehilangan energi}}} &= \frac{(10,7 \times L)}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{(10,7 \times 2734)}{150^{1,85} \times 0,0762^{4,87}} \times 0,000605^{1,85} \\ &= 0,8542 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= (1/4 \times \pi \times D^2) / (\pi \times D) \\ &= (1/4 \times 3,14 \times 0,0762^2) / (3,14 \times 0,0762) \\ &= 0,0190 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\ &= 0,8542 / 2734 \\ &= 0,000312 \text{ m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{P-55} &= 0,85 \times C \times R^{0,63} \times S^{0,54} \\ &= 0,85 \times 150 \times 0,0190^{0,63} \times 0,000312^{0,54} \\ &= 0,13 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Headloss gradient} &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\ &= 0,8542 / 2734 \\ &= 0,000312 \text{ m/m} \\ &= 0,312 \text{ m/km} \end{aligned}$$

Berikut ini hasil simulasi pipa jaringan distribusi sebelum dan sesudah penggantian pipa dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:

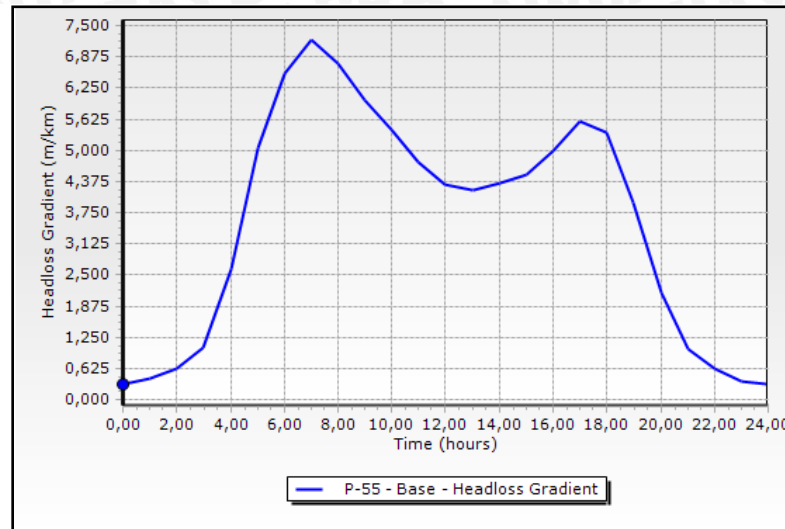
Tabel 4.33 Contoh Hasil Simulasi Pada Pipa P-55 Selama 1 Hari

Waktu (Jam)	Debit (L/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Keterangan
0,00	0,61	0,305	0 - 15	0,13	0,1 – 2,5	Memenuhi
1,00	0,74	0,437	0 - 15	0,16	0,1 – 2,5	Memenuhi
2,00	0,89	0,618	0 - 15	0,19	0,1 – 2,5	Memenuhi
3,00	1,18	1,047	0 - 15	0,26	0,1 – 2,5	Memenuhi
4,00	1,93	2,623	0 - 15	0,42	0,1 – 2,5	Memenuhi
5,00	2,76	5,052	0 - 15	0,60	0,1 – 2,5	Memenuhi
6,00	3,17	6,534	0 - 15	0,69	0,1 – 2,5	Memenuhi
7,00	3,34	7,210	0 - 15	0,73	0,1 – 2,5	Memenuhi
8,00	3,22	6,742	0 - 15	0,71	0,1 – 2,5	Memenuhi
9,00	3,03	6,007	0 - 15	0,66	0,1 – 2,5	Memenuhi
10,00	2,86	5,425	0 - 15	0,63	0,1 – 2,5	Memenuhi
11,00	2,67	4,763	0 - 15	0,59	0,1 – 2,5	Memenuhi
12,00	2,53	4,309	0 - 15	0,55	0,1 – 2,5	Memenuhi
13,00	2,50	4,207	0 - 15	0,55	0,1 – 2,5	Memenuhi
14,00	2,54	4,343	0 - 15	0,56	0,1 – 2,5	Memenuhi
15,00	2,59	4,515	0 - 15	0,57	0,1 – 2,5	Memenuhi
16,00	2,73	4,979	0 - 15	0,60	0,1 – 2,5	Memenuhi
17,00	2,91	5,578	0 - 15	0,64	0,1 – 2,5	Memenuhi
18,00	2,84	5,350	0 - 15	0,62	0,1 – 2,5	Memenuhi
19,00	2,41	3,941	0 - 15	0,53	0,1 – 2,5	Memenuhi
20,00	1,73	2,131	0 - 15	0,38	0,1 – 2,5	Memenuhi
21,00	1,16	1,011	0 - 15	0,25	0,1 – 2,5	Memenuhi
22,00	0,89	0,618	0 - 15	0,19	0,1 – 2,5	Memenuhi
23,00	0,67	0,368	0 - 15	0,15	0,1 – 2,5	Memenuhi
24,00	0,61	0,305	0 - 15	0,13	0,1 – 2,5	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD V8i* pada P-55 pada saat kebutuhan maksimum yaitu pada pukul 00.00 dapat diketahui:

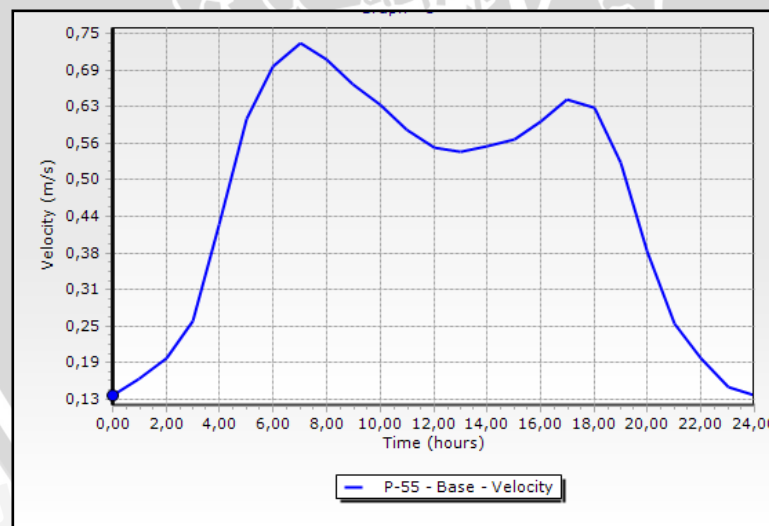
- *Headloss gradient* pada pukul 00.00-07.00 yaitu dari 0,305 m/km menjadi 7,210 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 07.00 sebesar 7,210 m/km dan *headloss gradient* terkecil terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,305 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat namun diameter pipa tetap, semakin besar debit yang melauhi pipa maka *headloss gradient* akan semakin besar begitu pula sebaliknya Kondisi *headlos gradient* untuk P-55 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.15 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan berkisar antara 0,13-0,73 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 07.00 sebesar 0,73 dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,13 m/detik. Perubahan kecepatan pada pipa dikarenakan perubahan debit yang melalui pipa tetapi diameter pipa tidak berubah, semakin besar debit yang melalui pipa maka kecepatan akan semakin besar dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.16 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-55

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Untuk hasil simulasi daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada jaringan pipa distribusi pada tahap pengembangan II (Tahun 2025) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.6.2.3 Analisis Pada Tandon (Tahun 2025)

Pada tahap pengembangan II prosentase pelayanan akan ditambahkan dari 35% menjadi 40% untuk daerah pelayanan sebelum pengembangan, dan penambahan prosentase untuk desa pengembangan (Desa Jatikerto) ditambahkan dari 10% menjadi 17,5%. Penambahan debit pada tahap ini tidak dilakukan karena debit yang ada pada tandon masih bisa memenuhi daerah layanan.



Tabel 4.34 Kondisi Muka Air dalam Tandon Tahap II (Tahun 2025)

Debit dari sumber = 20 ltr/dtk
 Kebutuhan air rata-rata = 15,967 ltr/dtk

Jam ke	Multiplier	Continuous Multiplier	Inflow	Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow/jam	Volume Outflow/jam	Kumulatif Volume Inflow	Kumulatif Volume Outflow	Volume air efektif dalam tandon	Volume air total dalam tandon	Tinggi Air Dalam Tandon
	(faktor beban konsumen)		l/det	l/det	l/det	m ³	m ³	m ³	m ³ /jam	m ³ /jam	m ³	m ³	m
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]
		$([2]n + [2]n+1)/2$		$\Sigma \text{Keb Air Rata-rata} \times [3]$	$[4] - [5]$	$([6] \times 3600) / 1000$	$([4] \times 3600) / 1000$	$([5] \times 3600) / 1000$	$[8]n + [10]n-1$	$[9]n + [11]n-1$	$[6]n-1 + [12]n-1$	$[12] + \text{Vol. mati (25)}$	$[13] / \text{Luas tandon}$
0	0,25	0,28	20	4,47	15,53	55,91	72,00	16,09	72,00	16,09	73,50	78,75	3,75
1	0,31	0,34	20	5,43	14,57	52,46	72,00	19,54	144,00	35,64	73,50	78,75	3,75
2	0,37	0,41	20	6,55	13,45	48,43	72,00	23,57	216,00	59,21	73,50	78,75	3,75
3	0,45	0,55	20	8,70	11,30	40,67	72,00	31,33	288,00	90,53	73,50	78,75	3,75
4	0,64	0,90	20	14,29	20,55	5,71	72,00	51,45	360,00	141,98	73,50	78,75	3,75
5	1,15	1,28	20	20,36	-0,36	-1,29	72,00	73,29	432,00	215,27	73,50	78,75	3,75
6	1,40	1,47	20	23,39	-3,39	-12,21	72,00	84,21	504,00	299,48	72,21	77,46	3,69
7	1,53	1,55	20	24,67	-4,67	-16,81	72,00	88,81	576,00	388,29	60,00	65,25	3,11
8	1,56	1,49	20	23,79	-3,79	-13,65	72,00	85,65	648,00	473,94	43,19	48,44	2,31
9	1,42	1,40	20	22,35	-2,35	-8,47	72,00	80,47	720,00	554,41	29,54	34,79	1,66
10	1,38	1,33	20	21,16	-1,16	-4,16	72,00	76,16	792,00	630,57	21,07	26,32	1,25
11	1,27	1,24	20	19,72	0,28	1,01	72,00	70,99	864,00	701,56	16,91	22,16	1,06
12	1,20	1,17	20	18,68	1,32	4,75	72,00	67,25	936,00	768,82	17,92	23,17	1,10
13	1,14	1,16	20	18,44	1,56	5,61	72,00	66,39	1008,00	835,21	22,66	27,91	1,33
14	1,17	1,18	20	18,76	1,24	4,46	72,00	67,54	1080,00	902,75	28,27	33,52	1,60
15	1,18	1,20	20	19,16	0,84	3,02	72,00	68,98	1152,00	971,73	32,73	37,98	1,81
16	1,22	1,27	20	20,20	-0,20	-0,71	72,00	72,71	1224,00	1044,44	35,75	41,00	1,95
17	1,31	1,35	20	21,48	-1,48	-5,31	72,00	77,31	1296,00	1121,75	35,04	40,29	1,92
18	1,38	1,32	20	21,00	-1,00	-3,59	72,00	75,59	1368,00	1197,34	29,73	34,98	1,67
19	1,25	1,12	20	17,80	2,20	7,91	72,00	64,09	1440,00	1261,43	26,14	31,39	1,49
20	0,98	0,80	20	12,77	7,23	26,01	72,00	45,99	1512,00	1307,42	34,05	39,30	1,87
21	0,62	0,54	20	8,54	11,46	41,25	72,00	30,75	1584,00	1338,17	60,06	65,31	3,11
22	0,45	0,41	20	6,55	13,45	48,43	72,00	23,57	1656,00	1361,74	73,50	78,75	3,75
23	0,37	0,31	20	4,95	15,05	54,18	72,00	17,82	1728,00	1379,56	73,50	78,75	3,75
24	0,25	0,28	20	4,47	15,53	55,91	72,00	16,09	1800,00	1395,65	73,50	78,75	3,75

Dimensi tandon yang direncanakan:

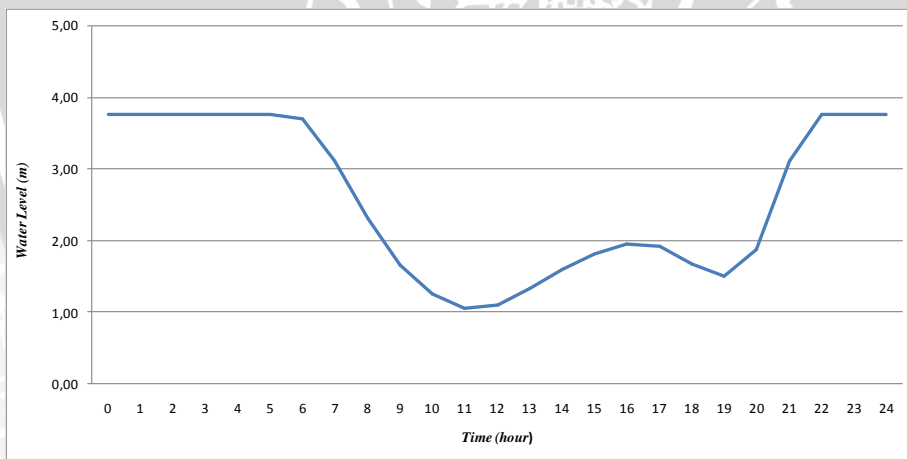
H min = 0,250 m
 H initial = 3,500 m
 H max = 3,500 m
 H jagaan = 0,250 m
 Panjang = 7,000 m
 Lebar = 3,000 m
 Luas = Panjang x Lebar
 = 21,000 m²

H Total = Hmin + Hmax + H jagaan
 = 4,000 m
 Vol. eff = Luas x Hmax
 = 74 m³
 Vol. mati = Luas x H min
 = 5 m³
 Vol. Tot = Vol efektif + Vol. mati
 = 79 m³

Sumber: Hasil Perhitungan

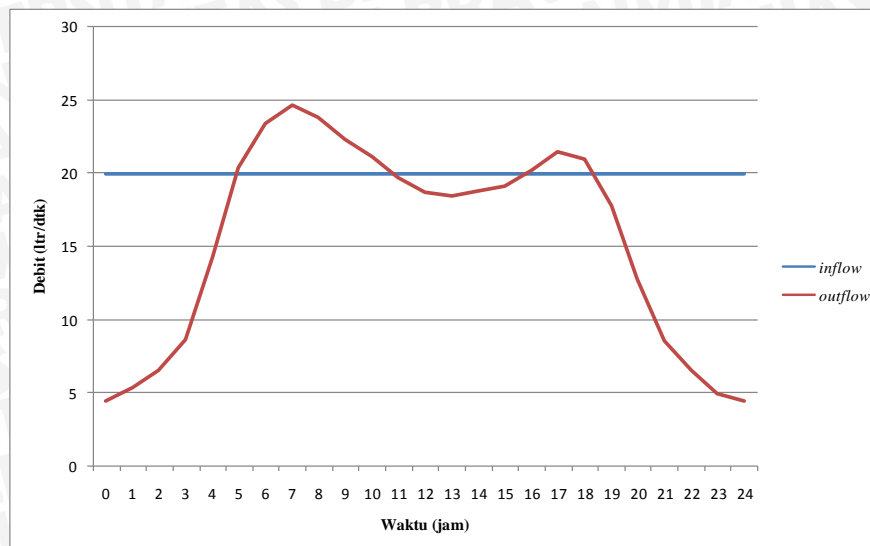
Keterangan:

Luas	= Panjang x Lebar
Volume eff.	= (Panjang x Lebar) x ($H_{initial} - H_{mati}$)
Volume mati	= (Panjang x Lebar) x H_{mati}
Volume total	= (Panjang x Lebar) x ($H_{initial} + H_{mati}$)
Outflow	= <i>Continuous Multiplayer</i> x Kebutuhan air rata-rata
Net Inflow	= <i>Inflow</i> - <i>Outflow</i>
Net Inflow (m^3 /jam)	= $\frac{(Net\ Inflow\ x\ 3600)}{1000}$
Volume Inflow	= $\frac{Inflow\ x\ 3600}{1000}$
Volume Outflow	= $\frac{Out\ flow\ x\ 3600}{1000}$
Volume air eff. Dalam tandon	= Volume air eff. Dalam tandon (jam sebelumnya) + <i>Net Inflow</i> (jam sebelumnya)
Volume air total dalam tandon	= Volume air eff. Dalam tandon + Volume Mati
Tinggi Air Dalam Tandon	= $\frac{Volume\ Air\ Dalam\ Tandon}{Luas}$



Gambar 4.17 Grafik Fluktuasi Muka Air Dalam Tandon Tahap Pengembangan II

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.18 Grafik *Inflow* Dan *Outflow* Tahap Pengembangan II

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6.3 Analisis Simulasi Kondisi Tidak Permanen pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2030

Pada Tahap III akan dilakukan penambahan debit sebesar 5 liter/detik, sehingga debit yang terpasang menjadi 25 liter/detik. Pada Tahap III tidak dilakukan penambahan prosentase jumlah pelayanan, hal ini dikarenakan debit yang diambil hanya dapat memenuhi 40% dari jumlah penduduk tahun 2030 untuk daerah pelayanan sebelum pengembangan dan 17,5% dari jumlah penduduk tahun 2030 untuk desa pengembangan (Desa Jatikerto) dan jaringan distribusi PDAM Unit Ngajum juga tidak dapat memenuhi syarat untuk tekanan, kecepatan, dan *headloss gradient* apabila dilakukan penambahan prosentase daerah layanan.

Penggantian pipa yang lebih besar dilakukan pada pipa yang memiliki kehilangan tinggi tekan yang tidak memenuhi nilai HGL maksimal sebesar 15 m/km. Hal ini dilakukan karena diameter pipa kecil menyebabkan HGL dalam pipa besar, sehingga tekanan dititik simpul kecil serta kecepatan pada pipa besar. Oleh karena itu dengan adanya penggantian diameter pipa diharapkan dapat mengurangi besarnya HGL, kecepatan dan meningkatkan tekanan di titik simpul.

Dari hasil simulasi Tahap Pengembangan II yang telah dilakukan dapat diketahui beberapa pipa yang tidak sesuai lagi untuk digunakan pada Tahap Pengembangan Tahap III. Berikut adalah Tabel penggantian pipa dengan diameter yang lebih besar. Penggantian dilakukan pada P-62 sampai P-106 dari diameter 4 in menjadi 6 in.

4.6.3.1 Analisis Tekanan Pada Titik Simpul (Tahun 2030)

Tekan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Setelah dilakukan perubahan diameter pada beberapa pipa didapatkan tekanan yang memenuhi kriteria perencanaan.

Berikut ini adalah contoh perhitungan tekanan dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-62:

Diketahui:

Elevasi <i>Reservoir</i>	= +403 m
Elevasi <i>Junction</i> 62	= +352 m
$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 7,10 lt/dtk
Q_{outflow} Jam ke 07.00	= $Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \text{Continuous Multiplayer}$
	= $7,10 \times ((1,53 + 1,56)/2)$
	= 11,00 lt/dtk
	= $0,011 \text{ m}^3/\text{dtk}$
C_{hw} (C)	= 150 (berdasarkan tabel 2.3= Pipa PVC)
Panjang Pipa (L)	= 3,084 km = 3084 m
Diameter pipa	= 6 inch = 0,1524 m

Penyelesaian:

✚ *Headloss Gradient* Mayor

$$\checkmark k = \frac{10,7 \times L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7 \times 3084}{150^{1,85} \times 0,1524^{4,87}} = 29620,509$$

$$\checkmark h_f = k \cdot Q^{1,85} = 29620,509 \times (0,011)^{1,85} = 7,050 \text{ m}$$

$$\checkmark \text{Headloss gradient} = Hf_{\text{kehilangan energi}} / L$$

$$= 7,050 / 3084$$

$$= 0,002286 \text{ m/m}$$

$$= 2,286 \text{ m/km}$$

Jadi, *Headloss Gradient* mayor dari Tandon Ngajum pada jaringan distribusi air bersih adalah sebesar 2,286 m/km.

$$\text{Tekanan} = \text{Elevasi Tandon} - \text{Elevasi Junction} - Hf$$

$$= 403 - 352 - 2,286$$

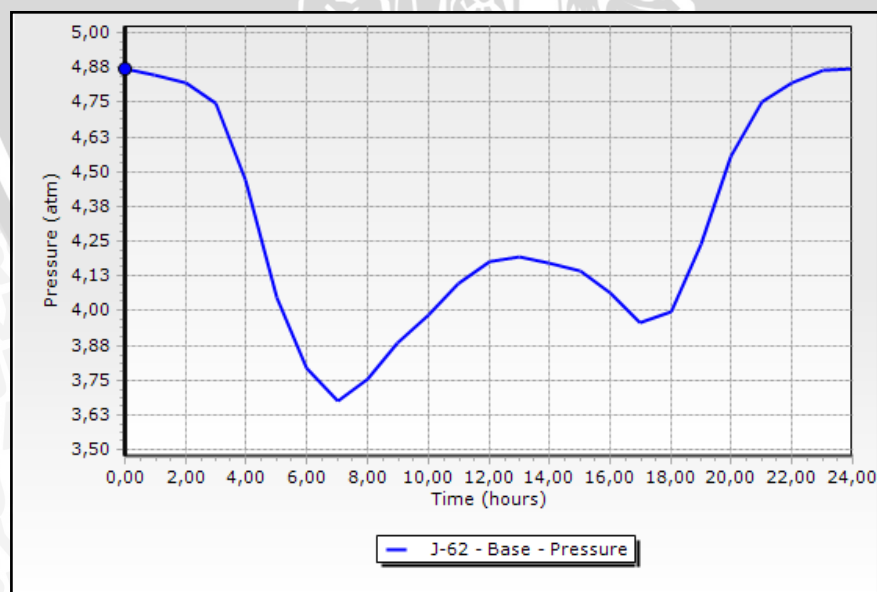
$$= 48,7 \text{ kg/cm} = 4,87 \text{ atm}$$

Berikut disajikan hasil fluktuasi tekanan sisa titik simpul pada J-62 dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:

Tabel 4.35 Contoh Hasil Simulasi Titik Simpul pada J-62

Waktu (jam)	Tinggi Hidrolis (m)	Tekanan (atm)	Syarat Tekanan (atm)	Keterangan
0.00	402,48	4,87	0,5 - 8	Memenuhi
1.00	402,26	4,85	0,5 - 8	Memenuhi
2.00	401,95	4,82	0,5 - 8	Memenuhi
3.00	401,22	4,74	0,5 - 8	Memenuhi
4.00	398,53	4,47	0,5 - 8	Memenuhi
5.00	394,39	4,05	0,5 - 8	Memenuhi
6.00	391,86	3,79	0,5 - 8	Memenuhi
7.00	390,70	3,67	0,5 - 8	Memenuhi
8.00	391,50	3,75	0,5 - 8	Memenuhi
9.00	392,76	3,88	0,5 - 8	Memenuhi
10.00	393,75	3,98	0,5 - 8	Memenuhi
11.00	394,88	4,10	0,5 - 8	Memenuhi
12.00	395,65	4,18	0,5 - 8	Memenuhi
13.00	395,83	4,20	0,5 - 8	Memenuhi
14.00	395,60	4,17	0,5 - 8	Memenuhi
15.00	395,30	4,14	0,5 - 8	Memenuhi
16.00	394,51	4,06	0,5 - 8	Memenuhi
17.00	393,49	3,96	0,5 - 8	Memenuhi
18.00	393,88	4,00	0,5 - 8	Memenuhi
19.00	396,28	4,24	0,5 - 8	Memenuhi
20.00	399,37	4,56	0,5 - 8	Memenuhi
21.00	401,28	4,75	0,5 - 8	Memenuhi
22.00	401,95	4,82	0,5 - 8	Memenuhi
23.00	402,37	4,86	0,5 - 8	Memenuhi
24.00	402,48	4,87	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*



Gambar 4.19 Grafik Fluktuasi Tekanan J-62

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD V8i* dapat diketahui:

- Contoh titik simpul J-62 diperoleh tekanan maksimum terjadi pada saat kebutuhan air minimal yaitu pukul 00.00 yaitu sebesar 4,87 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 07.00 sebesar 3,67 atm. Hasil tersebut masih sesuai dengan kriteria perencanaan (maksimum tekanan 8 atm).
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-07.00. Tekanan meningkat saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 08.00-13.00. Kemudian tekanan kembali menurun pada pukul 14.00-17.00 seperti ditunjukkan pada koefisien faktor pengali (*Load Faktor*) terhadap kebutuhan air bersih.
- Terjadi perubahan tekanan diakibatkan oleh besarnya debit yang masuk sedangkan diameter pipa tetap. Pada jam-jam puncak tekanan akan menjadi lebih kecil hal ini dikarenakan bertambahnya debit yang melalui pipa, karena diketahui bahwa semakin besar debit yang melalui pipa sedangkan diameter pipa tetap akan mengakibatkan kehilangan tinggi atau *headloss gradient* yang besar sehingga tekanan akan menjadi kecil.

Untuk hasil simulasi titik simpul daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada tahap pengembangan III (Tahun 2030) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.6.3.2 Analisis Kondisi Aliran pada Pipa Distribusi (Tahun 2030)

Pada simulasi kondisi tidak permanen terjadi corak permintaan yang berubah-ubah maka dengan luas penampang yang tetap sementara debit berubah pada setiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi dalam setiap jamnya berubah.

Berikut disajikan contoh perhitungan manual hasil simulasi pada lokasi perencanaan pipa P-62:

Diketahui:

$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}}$	= 7,10 lt/dtk
$C_{\text{hw}} (C)$	= 150 (berdasarkan tabel 2.3 = Pipa PVC)
Panjang Pipa (L)	= 3,084 km = 3084 m
Diameter pipa	= 6 inch = 0,1524 m

Penyelesaian:

$$Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} = 7,10 \text{ lt/dtk}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{outflow Jam ke 00.00}} &= Q_{\text{kebutuhan rata-rata}} \times \textit{Continuous Multiplayer} \\ &= 7,10 \times ((1,53 + 1,56)/2) \\ &= 11,00 \text{ lt/dtk} \\ &= 0,011 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{kehilangan energi}}} &= \frac{(10,7 \times L)}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{(10,7 \times 3084)}{150^{1,85} \times 0,1524^{4,87}} \times 0,011^{1,85} \\ &= 7,050 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= (1/4 \times \pi \times D^2) / (\pi \times D) \\ &= (1/4 \times 3,14 \times 0,1524^2) / (3,14 \times 0,1524) \\ &= 0,0381 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\ &= 7,050 / 3084 \\ &= 0,00228 \text{ m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{P-62} &= 0,85 \times C \times R^{0,63} \times S^{0,54} \\ &= 0,85 \times 150 \times 0,0381^{0,63} \times 0,00228^{0,54} \\ &= 0,609 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Headloss gradient} &= H_{f_{\text{kehilangan energi}}} / L \\ &= 7,050 / 3084 \\ &= 0,00228 \text{ m/m} \\ &= 2,28 \text{ m/km} \end{aligned}$$

Berikut ini hasil simulasi pipa jaringan distribusi sebelum dan sesudah penggantian pipa dengan bantuan program *WaterCAD V8i*:

Tabel 4.36 Hasil Simulasi pada Pipa Jaringan Distribusi Sebelum Penggantian Diameter Pipa Pukul 07.00

Pipa	Panjang (m)	Diameter (in)	Bahan	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P62	50	4	PVC	150	11,00	1,36	0,1 - 2,5	16,149	0 - 15	Tidak
P63	50	4	PVC	150	11,00	1,36	0,1 - 2,5	16,149	0 - 15	Tidak
P64	50	4	PVC	150	11,00	1,36	0,1 - 2,5	16,149	0 - 15	Tidak
P65	50	4	PVC	150	11,00	1,36	0,1 - 2,5	16,149	0 - 15	Tidak
P66	50	4	PVC	150	11,00	1,36	0,1 - 2,5	16,149	0 - 15	Tidak

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Tabel 4.37 Hasil Simulasi pada Pipa Jaringan Distribusi Rencana Penggantian Diameter Pipa Pukul 07.00

Pipa	Panjang (m)	Diameter (in)	Bahan	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss Gradient (m/km)	Syarat Headloss Gradient (m/km)	Keterangan
P62	50	6	PVC	150	11,00	0,60	0,1 - 2,5	2,241	0 - 15	Memenuhi
P63	50	6	PVC	150	11,00	0,60	0,1 - 2,5	2,241	0 - 15	Memenuhi
P64	50	6	PVC	150	11,00	0,60	0,1 - 2,5	2,241	0 - 15	Memenuhi
P65	50	6	PVC	150	11,00	0,60	0,1 - 2,5	2,241	0 - 15	Memenuhi
P66	50	6	PVC	150	11,00	0,60	0,1 - 2,5	2,241	0 - 15	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program *WaterCAD V8i*

Dari tabel 4.36 dan 4.37 dapat diketahui bahwa sebelum adanya penggantian pipa, *headloss gradient* pada pipa tidak memenuhi syarat *headloss gradient*. Setelah dilakukan penggantian diameter pipa menjadi lebih besar dapat dilihat *headloss gradient* pada pipa dapat memenuhi syarat *headloss gradient* yaitu 0 – 15 m/km

Untuk hasil simulasi daerah studi pada kondisi tidak permanen dengan bantuan program *WaterCAD V8i* pada jaringan pipa distribusi pada Tahap Pengembangan III (Tahun 2030) selengkapnya disajikan pada lampiran.

4.6.3.3 Analisis Pada Tandon (Tahun 2030)

Pada Tahap III akan dilakukan penambahan debit sebesar 5 l/dtk sehingga debit terpasang menjadi 25 l/dtk. Pada Tahap III tidak dilakukan penambahan prosentase jumlah pelayanan, hal ini dikarenakan debit yang diambil hanya dapat memenuhi 40% dari jumlah penduduk tahun 2030 untuk daerah pelayanan sebelum pengembangan dan 17,5% dari jumlah penduduk tahun 2030 untuk desa pengembangan (Desa Jatikerto) dan jaringan distribusi PDAM Unit Ngajum juga tidak dapat memenuhi syarat untuk tekanan, kecepatan, dan *headloss gradient* apabila dilakukan penambahan prosentase daerah layanan.

Tabel 4.38 Kondisi Muka Air dalam Tandon Tahap III (Tahun 2030)

Debit dari sumber = 25 ltr/dtk
 Kebutuhan air rata-rata = 17,416 ltr/dtk

Jam ke	Multiplier		Continuous Multiplier	Inflow	Outflow	Net Inflow	Net Inflow	Volume Inflow/jam	Volume Outflow/jam	Kumulatif Volume Inflow	Kumulatif Volume Outflow	Volume air efektif dalam tandon	Volume air total dalam tandon	Tinggi Air Dalam Tandon
	(faktor beban konsumen)			l/det	l/det	l/det	m ³	m ³	m ³	m ³ /jam	m ³ /jam	m ³	m ³	m
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	
		([2] n + [2] n+1)/2		ΣKeb Air Rata-rata*[3]	[4] - [5]	(([6]*3600)/1000)	(([4]*3600)/1000)	(([5]*3600)/1000)	[8]n + [10]n-1	[9]n + [11]n-1	[6]n-1 + [12]n-1	[12] + Vol. mati (49)	[13] / Luas tandon	
0	0,25	0,28	25	4,88	20,12	72,44	90,00	17,56	90,00	17,56	73,50	78,75	3,75	
1	0,31	0,34	25	5,92	19,08	68,68	90,00	21,32	180,00	38,87	73,50	78,75	3,75	
2	0,37	0,41	25	7,14	17,86	64,29	90,00	25,71	270,00	64,58	73,50	78,75	3,75	
3	0,45	0,55	25	9,49	15,51	55,83	90,00	34,17	360,00	98,75	73,50	78,75	3,75	
4	0,64	0,90	25	15,59	9,41	33,89	90,00	56,11	450,00	154,86	73,50	78,75	3,75	
5	1,15	1,28	25	22,21	2,79	10,06	90,00	79,94	540,00	234,80	73,50	78,75	3,75	
6	1,40	1,47	25	25,51	-0,51	-1,85	90,00	91,85	630,00	326,65	73,50	78,75	3,75	
7	1,53	1,55	25	26,91	-1,91	-6,87	90,00	96,87	720,00	423,52	71,65	76,90	3,66	
8	1,56	1,49	25	25,95	-0,95	-3,42	90,00	93,42	810,00	516,94	64,78	70,03	3,33	
9	1,42	1,40	25	24,38	0,62	2,22	90,00	87,78	900,00	604,71	61,36	66,61	3,17	
10	1,38	1,33	25	23,08	1,92	6,93	90,00	83,07	990,00	687,79	63,59	68,84	3,28	
11	1,27	1,24	25	21,51	3,49	12,57	90,00	77,43	1080,00	765,22	70,51	75,76	3,61	
12	1,20	1,17	25	20,38	4,62	16,64	90,00	73,36	1170,00	838,58	73,50	78,75	3,75	
13	1,14	1,16	25	20,12	4,88	17,58	90,00	72,42	1260,00	910,99	73,50	78,75	3,75	
14	1,17	1,18	25	20,46	4,54	16,33	90,00	73,67	1350,00	984,66	73,50	78,75	3,75	
15	1,18	1,20	25	20,90	4,10	14,76	90,00	75,24	1440,00	1059,90	73,50	78,75	3,75	
16	1,22	1,27	25	22,03	2,97	10,69	90,00	79,31	1530,00	1139,21	73,50	78,75	3,75	
17	1,31	1,35	25	23,42	1,58	5,67	90,00	84,33	1620,00	1223,54	73,50	78,75	3,75	
18	1,38	1,32	25	22,90	2,10	7,55	90,00	82,45	1710,00	1305,98	73,50	78,75	3,75	
19	1,25	1,12	25	19,42	5,58	20,09	90,00	69,91	1800,00	1375,89	73,50	78,75	3,75	
20	0,98	0,80	25	13,93	11,07	39,84	90,00	50,16	1890,00	1426,05	73,50	78,75	3,75	
21	0,62	0,54	25	9,32	15,68	56,46	90,00	33,54	1980,00	1459,59	73,50	78,75	3,75	
22	0,45	0,41	25	7,14	17,86	64,29	90,00	25,71	2070,00	1485,30	73,50	78,75	3,75	
23	0,37	0,31	25	5,40	19,60	70,56	90,00	19,44	2160,00	1504,73	73,50	78,75	3,75	
24	0,25	0,28	25	4,88	20,12	72,44	90,00	17,56	2250,00	1522,29	73,50	78,75	3,75	

Dimensi tandon yang direncanakan:

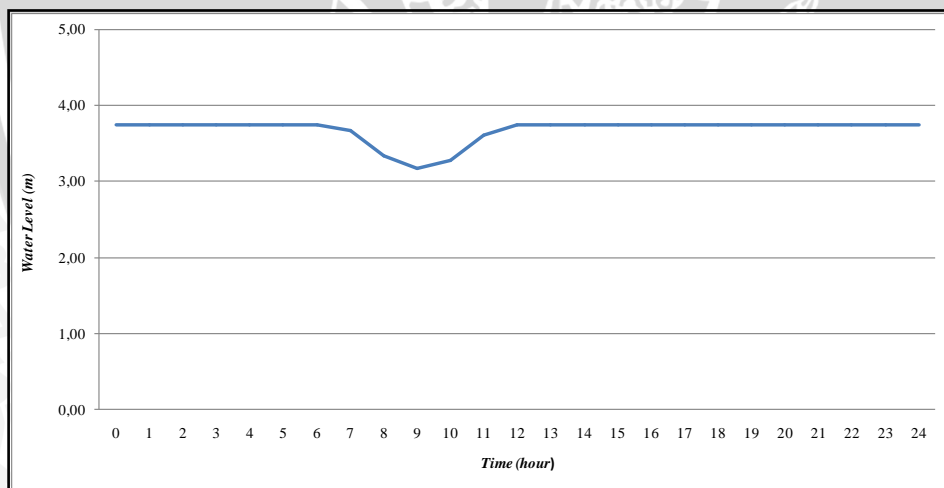
H min = 0,250 m
 H initial = 3,500 m
 H max = 3,500 m
 H jagaan = 0,250 m
 Panjang = 7,000 m
 Lebar = 3,000 m
 Luas = Panjang x Lebar = 21,000 m²

H Total = 1 + Hmax + H jagaan = 4,000 m
 Vol. eff = Luas x Hmax = 74 m³
 Vol. mati = Luas x H min = 5 m³
 Vol. Tot = l efektif + Vol. mati = 79 m³

Sumber: Hasil Perhitungan

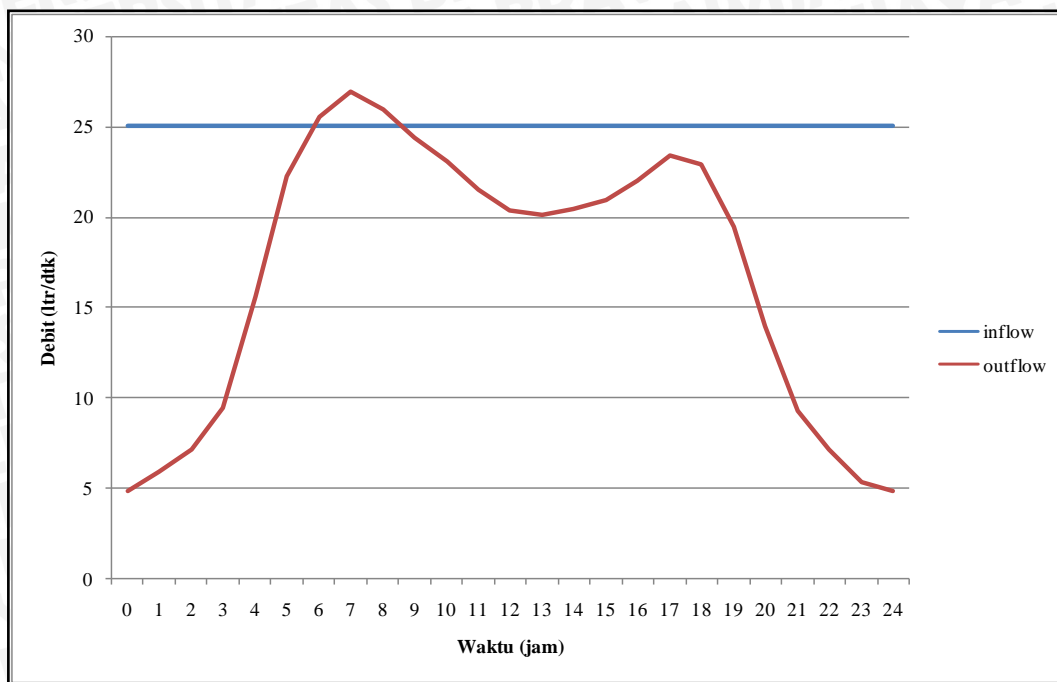
Keterangan:

Luas	= Panjang x Lebar
Volume eff.	= (Panjang x Lebar) x ($H_{initial} - H_{mati}$)
Volume mati	= (Panjang x Lebar) x H_{mati}
Volume total	= (Panjang x Lebar) x ($H_{initial} + H_{mati}$)
Outflow	= <i>Continuous Multiplayer</i> x Kebutuhan air rata-rata
Net Inflow	= <i>Inflow - Outflow</i>
Net Inflow (m^3/jam)	= $\frac{(Net\ Inflow\ x\ 3600)}{1000}$
Volume Inflow	= $\frac{Inflow\ x\ 3600}{1000}$
Volume Outflow	= $\frac{Out\ flow\ x\ 3600}{1000}$
Volume air eff. Dalam tandon	= Volume air eff. Dalam tandon (jam sebelumnya) + <i>Net Inflow</i> (jam sebelumnya)
Volume air total dalam tandon	= Volume air eff. Dalam tandon + Volume Mati
Tinggi Air Dalam Tandon	= $\frac{Volume\ Air\ Dalam\ Tandon}{Luas}$



Gambar 4.20 Grafik Fluktuasi Muka Air Dalam Tandon Tahap Pengembangan III

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.21 Grafik *Inflow* Dan *Outflow* Tahap Pengembangan III

Sumber: Hasil Perhitungan

4.7 Anggaran Biaya untuk Perencanaan Jaringan Distribusi ke Desa Jatikerto

Dalam studi ini membahas tentang rencana anggaran biaya untuk pengembangan jaringan distribusi ke Desa Jatikerto. Daftar harga satuan bahan dan harga satuan pekerja mengacu pada daftar harga PDAM Kabupaten Malang tahun 2015. Berikut perhitungan untuk rencana anggaran biaya untuk pipa perencanaan (P-115 sampai P-157).

Tabel 4.39 Tabel Pengadaan Pipa dan Aksesoris Pipa PVC

No	Diameter Pipa (in)	Panjang Pipa (m)	Aksesoris Pipa	Diameter	Jumlah	Harga		
						Satuan (Rp)	Total (Rp)	
1	3"	2150		3"		57.390,00	123.388.500,00	
			Socket	3" x 3"	538	72.730,00	39.092.375,00	
			Gate Valve	3"	1	1.707.750,00	1.707.750,00	
JUMLAH								164.188.625,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- 1) Jumlah sambungan pipa didapat dari panjang pipa dibagi 4 m
- 2) Harga pipa sudah termasuk PPN 10%

Untuk rincian pekerjaan lainnya dijelaskan pada tabel selanjutnya. Berikut perhitungannya.

Jenis Pekerjaan : Galian tanah keras sedalam 1 m

Satuan : m³

Tabel 4.40 Tabel Galian Tanah Keras Sedalam 1 m

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA				
1	Pekerja Biasa	Org/hr	1,125	55.000,00	61.875,00
2	Mandor	Org/hr	0,038	80.000,00	3.040,00
JUMLAH HARGA TENAGA					64.915,00
Dibulatkan					65.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Mengacu pada AHS PDAM Kabupaten Malang Tahun 2015

Jenis Pekerjaan : Urugan Tanah Kembali

Satuan : m³

Tabel 4.41 Tabel Urugan Tanah Kembali

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA				
1	Pekerja Biasa	Org/hr	0,563	55.000,00	30.965,00
2	Mandor	Org/hr	0,019	80.000,00	1.520,00
JUMLAH HARGA TENAGA					32.485,00
Dibulatkan					32.500,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Mengacu pada AHS PDAM Kabupaten Malang Tahun 2015

Jenis Pekerjaan : Pemadatan Tanah

Satuan : m³

Tabel 4.42 Pemadatan Tanah

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	PEMADATAN				
1	Pekerja Biasa	Org/hr	0,563	55.000,00	30.965,00
2	Mandor	Org/hr	0,019	80.000,00	1.520,00
3	Alat Pematat	m ³	1,000	274.978,00	274.978,00
JUMLAH HARGA TENAGA					307.463,00
Dibulatkan					307.500,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Mengacu pada AHS PDAM Kabupaten Malang Tahun 2015

Jenis Pekerjaan : Urugan Pasir

Satuan : m³

Tabel 4.43 Urugan Pasir

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	URUGAN PASIR				
1	Pekerja Biasa	Org/hr	0,300	55.000,00	16.500,00
2	Mandor	Org/hr	0,010	80.000,00	800,00
3	Pasir Urug	m ³	1,200	136.250,00	163.500,00
JUMLAH HARGA TENAGA					180.800,00
Dibulatkan					180.800,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Mengacu pada AHS PDAM Kabupaten Malang Tahun 2015

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC Ø 3 inch

Satuan : 1m

Tabel 4.44 Pemasangan Pipa PVC Ø 3 inch

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA				
1	Pekerja Biasa	Org/hr	0,036	55.000,00	1.980,00
2	Mandor	Org/hr	0,004	80.000,00	328,00
3	Tukang Pipa	Org/hr	0,060	70.000,00	4.200,00
JUMLAH HARGA TENAGA					6.508,00
Dibulatkan					6.500,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Mengacu pada AHS PDAM Kabupaten Malang Tahun 2015

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Gate Valve Ø 3 inch

Satuan : 1 buah



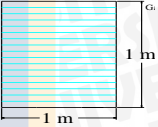
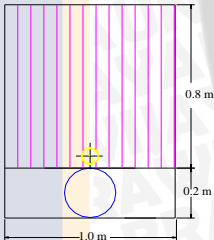
Tabel 4.45 Pemasangan Gate Valve Ø 3 inch

No	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA				
1	Pekerja Biasa	Org/hr	2,000	55.000,00	110.000,00
2	Mandor	Org/hr	0,300	80.000,00	24.000,00
3	Tukang Pipa	Org/hr	1,000	70.000,00	70.000,00
JUMLAH HARGA TENAGA					204.000,00
Dibulatkan					204.000,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Mengacu pada AHS PDAM Kabupaten Malang Tahun 2015

Tabel 4.46 Tabel Rencana Anggaran Biaya untuk Perencanaan Jaringan Distribusi ke Desa Jatikerto

No		Uraian Kegiatan	Volume		Harga Satuan	Total harga
A		Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa				
I		Pengadaan Pipa				
1		Pengadaan Pipa PVC 3 inch	2150	m	57.390,00	123.388.500,00
		JUMLAH				123.388.500,00
II		Aksesoris Pipa				
1		Socket	538	bh	72.730,00	39.092.375,00
2		Gate Valve	1	bh	1.707.750,00	1.707.750,00
		JUMLAH				40.800.125,00
B		Pekerjaan Galian, Urugan, Pemasangan & Pemasangan				
I		Pekerjaan Galian Tanah				
1		Galian Tanah Keras untuk 3 inch	2150	m ³	65.000,00	139.750.000,00
		JUMLAH				139.750.000,00
II		Pekerjaan Urugan Tanah & Pemasangan				
1		Untuk pipa 3 inch				
		Urugan Kembali	1720	m ³	32.500,00	55.900.000,00
		Pemasatan Tanah Urug	2150	m ³	307.500,00	661.125.000,00
		Urugan Pasir	430	m ³	180.800,00	77.744.000,00
		JUMLAH				794.769.000,00
III		Pekerjaan Pemasangan Pipa				
1		Pemasangan Pipa PVC 3 inch	2150	m	6.500,00	13.975.000,00
		JUMLAH				13.975.000,00
IV		Pekerjaan Pemasangan Gate Valve				
1		Pemasangan Gate Valve 3 inch	1	bh	204.000,00	204.000,00
		JUMLAH				204.000,00
		TOTAL				1.112.886.625,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.47 Tabel Rekapitulasi Anggaran Biaya untuk Perencanaan Jaringan Distribusi ke Desa Jatikerto

No	Uraian Kegiatan	Total Harga (Rp)
A	Pengadaan Pipa & Aksesoris Pipa	164.188.625,00
B	Pekerjaan Galian, Urugan Tanah & Pematatan dan Pemasangan Pipa	948.698.000,00
TOTAL		1.112.886.625,00
DIBULATKAN		1.112.900.000,00
<i>Terbilang : Satu Milyar Seratus Dua Belas Juta Sembilan Ratus Ribu Rupiah</i>		

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada pembangunan pipa dilakukan diluar tahun 2015, maka harga satuan bahan dan harga satuan pekerja akan menyesuaikan tahun pembangunan jaringan pipa.

