

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISIS SISTEM JARINGAN TRANSMISI DAN DISTRIBUSI AIR BERSIH

4.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai perhitungan-perhitungan yang akan dilakukan guna mengkaji sistem jaringan transmisi dan distribusi air bersih di Kampung Biha Distrik Makimi Kabupaten Nabire. Perhitungan pertama yang dilakukan adalah menghitung jumlah penduduk di tahun 2025. Dengan demikian akan dapat diketahui jumlah penduduk yang memerlukan air bersih dan dapat pula dihitung kebutuhan air bersih, termasuk kebutuhan rata-rata harian maksimum dan kebutuhan air bersih pada jam puncak.

Simulasi dengan program Watercad v 4.5 dapat dilaksanakan setelah semua data telah selesai dimasukkan dan model telah selesai dibuat. Hasil dari setiap simulasi yang dilakukan dapat dievaluasi baik dari segi hidrolis maupun ketersediaan air yang ada pada lokasi studi, apabila terdapat beberapa masalah dalam sistem tersebut maka perubahan komponen-komponen sistem tersebut perlu dilakukan hingga didapatkan hasil yang sesuai kriteria perencanaan.

4.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk pada studi ini menggunakan tiga metode, yaitu metode aritmatik, metode eksponensial dan metode geometrik. Setelah diketahui hasil perhitungan dari masing-masing metode, maka digunakan metode penentuan nilai koefisien korelasi untuk menentukan metode perhitungan yang akan digunakan dalam perhitungan proyeksi kebutuhan air. Kriteria penentuan metode proyeksi penduduk yang dipilih berdasarkan pada nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1.

Tabel 4.1 Rata-rata Tingkat Pertumbuhan Penduduk Kampung Biha Distrik**Makimi**

Tahun	Jumlah	Pertambahan Tiap Tahun	r rerata
2005	1530		
2006	1615	85	0,053
2007	1634	19	0,012
Laju Pertumbuhan Penduduk Rerata			0,032

Sumber : Perhitungan

4.2.1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Eksponensial

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial dihitung berdasarkan persamaan 2-1 dan tabel (4-1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk:

$$P_0 = 1634 \text{ jiwa (Tahun 2007)}$$

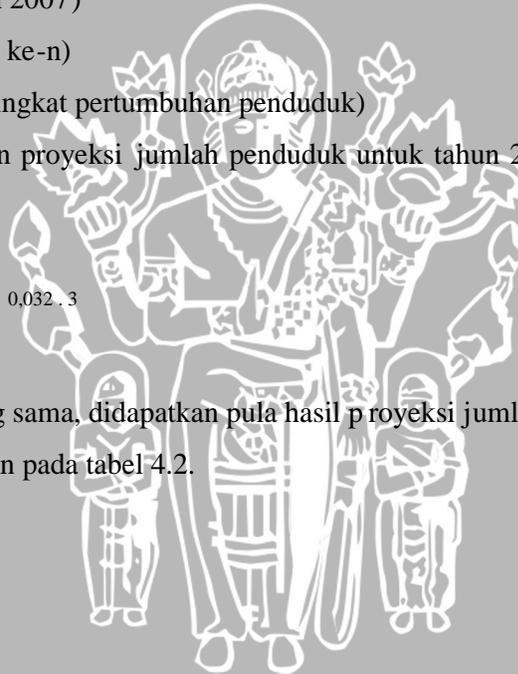
$$n = 3 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 3,2 \% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Maka perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2010 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\ &= 1634 \cdot 2,7182818^{0,032 \cdot 3} \\ &= 1799 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan pula hasil p royeksi jumlah penduduk hingga tahun 2025 yang disajikan pada tabel 4.2.



Tabel 4.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kampung Biha dengan Metode Eksponensial

No.	Tahun	Jumlah (jiwa)
1	2008	1687
2	2009	1742
3	2010	1799
4	2011	1858
5	2012	1919
6	2013	1981
7	2014	2046
8	2015	2113
9	2016	2182
10	2017	2253
11	2018	2327
12	2019	2403
13	2020	2481
14	2021	2562
15	2022	2646
16	2023	2732
17	2024	2821
18	2025	2914

Sumber : Perhitungan

4.2.2. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode aritmatik dihitung berdasarkan persamaan (2-2) dan tabel (4-1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk untuk Kelurahan Rawasari :

$$P_0 = 1634 \text{ jiwa (Tahun 2007)}$$

$$n = 3 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 3,2 \% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Maka perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2010 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r.n) \\ &= 1634 (1 + (0,032 \cdot 3)) \\ &= 1792 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan pula hasil proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2025 yang disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kampung Biha dengan Metode Aritmatik

No.	Tahun	Jumlah (jiwa)
1	2008	1687
2	2009	1739
3	2010	1792
4	2011	1844
5	2012	1897
6	2013	1949
7	2014	2002
8	2015	2054
9	2016	2107
10	2017	2159
11	2018	2212
12	2019	2264
13	2020	2317
14	2021	2369
15	2022	2422
16	2023	2474
17	2024	2527
18	2025	2579

Sumber : Perhitungan

4.2.3. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Geometrik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode geometrik dihitung berdasarkan persamaan (2-3) dan tabel (4-1). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk untuk Kelurahan Rawasari :

$$P_0 = 1634 \text{ jiwa (Tahun 2007)}$$

$$n = 3 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 3,2 \% \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Maka perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2010 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r)^n \\ &= 1634 (1 + 0,032)^3 \\ &= 1797 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan pula hasil proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2025 yang disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kampung Biha dengan Metode

Geometrik

No.	Tahun	Jumlah (jiwa)
1	2008	1687
2	2009	1741
3	2010	1797
4	2011	1854
5	2012	1914
6	2013	1975
7	2014	2039
8	2015	2104
9	2016	2172
10	2017	2242
11	2018	2314
12	2019	2388
13	2020	2465
14	2021	2544
15	2022	2626
16	2023	2710
17	2024	2797
18	2025	2887

Sumber : Perhitungan

4.2.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Dari hasil perhitungan koefisien korelasi pada ketiga metode tersebut, di peroleh hasil bahwa metode aritmatik memiliki koefisien korelasi terbesar dan mendekati +1. Dengan demikian metode yang dipilih untuk proyeksi jumlah penduduk pada Kampung Biha Distrik Makimi hingga tahun 2025 adalah metode aritmatik karena metode ini mendekati perkembangan penduduk sesungguhnya. Berikut hasil perhitungan nilai koefisien korelasi yang disajikan pada tabel 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.5 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Tahun 2005 -2007

Tahun	Data (jiwa)	Proyeksi Penduduk (jiwa)		
		Eksponensial	Aritmatik	Geometrik
2005	1530	1530	1530	1530
2006	1615	1580	1579	1579
2007	1634	1632	1628	1630

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.6 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

	Eksponensial	Aritmatik	Geometrik
r	0,935728	0,938959	0,935779

Sumber : Perhitungan

Hasil perhitungan uji kesesuaian metode proyeksi penduduk menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,935728 dengan menggunakan metode eksponensial, 0,93959 pada metode aritmatik dan pada metode geometrik sebesar 0,935779. Sehingga perhitungan proyeksi penduduk yang akan diambil yaitu menggunakan metode aritmatik karena memiliki angka mendekati +1 dibandingkan metode yang lainnya. Penduduk kampung Biha Distrik Makimi pada tahun 2025 berjumlah sebanyak 2579 jiwa yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan air bersih .

4.3 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih terdiri atas kebutuhan domestik dan non domestik. Untuk lebih jelasnya akan disajikan sebagai berikut :

A. Kebutuhan Domestik

Berdasarkan beberapa faktor seperti letak geografis, kondisi sosial ekonomi, dan topografi di Kampung Biha Distrik Makimi, maka tidak memungkinkan dibangun jaringan yang melayani sambungan rumah. Pendistribusian air bersih dari

sistem transmisi ke sistem distribusi hanya sampai pada Hidran umum. Dengan asumsi kebutuhan setiap orang adalah 60 liter/detik/hari, dan setiap kran umum dapat menyuplai maksimal 100 orang. (Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) Repelita V, Ditjen Cipta Karya, 1994)

B. Kebutuhan Non Domestik :

Kebutuhan non domestik digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada :

1. Fasilitas sosial, termasuk didalamnya tempat ibadah, lembaga pemasyarakatan, rumah sakit dan lain sebagainya.
2. Instansi dan perkantoran.

Tingkat pelayanan air pada kebutuhan non domestik diasumsikan sebesar 20 %

C. Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan besar air yang hilang selama proses pendistribusiannya, untuk daerah studi yang termasuk kategori desa kecil, kehilangan air ditetapkan sebesar 20%.

D. Fluktuasi Kebutuhan Air

Besarnya pemakaian air pada daerah studi tidak sama dalam setiap jamnya, karena terjadi fluktuasi pada setiap jamnya yang dipengaruhi oleh aktifitas masyarakat. Adapun dalam perhitungan kebutuhan air bersih ini diambil:

- Kebutuhan harian maksimum = $1,15 \times$ Kebutuhan air rata-rata
- Kebutuhan jam puncak = $1,56 \times$ Kebutuhan harian maksimum

Contoh perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih Kampung Biha Distrik Makimi tahun

2025 dengan prosentase penduduk terlayani 100 % dan kehilangan air sebesar 20 % :

1. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2025 sebesar 2579 jiwa.
2. Kebutuhan air domestik

Sambungan kran umum :

- Jumlah Hidran umum
(rasio persambungan kran umum = 100 orang)
 $= \frac{2579}{100} = 25,79$ maka dibulatkan menjadi 26 buah.
- Kebutuhan air
(konsumsi air 60 lt/detik/hari)
 $= 2579 \times 60 \text{ l/orang/hari}$

$$Q_{\text{domestik}} = 154.740 \text{ l/hari}$$

3. Kebutuhan non domestik

$$\begin{aligned} Q_{\text{non domestik}} &= 20\% \times 154.740 \text{ l/hari} \\ &= 30948 \text{ l/hari} \end{aligned}$$

4. Total kebutuhan air

$$\begin{aligned} &= Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}} \\ &= 154.740 \text{ l/hari} + 30948 \text{ l/hari} \\ &= 185688 \text{ l/hari} \\ &= 2,149 \text{ l/detik} \end{aligned}$$

5. Kehilangan air

$$\begin{aligned} &= 20\% \times 2,149 \text{ l/detik} \\ &= 0,42983 \text{ l/detik} \end{aligned}$$

6. Kebutuhan air rata-rata

$$\begin{aligned} &= \text{Total kebutuhan air} + \text{Kehilangan air} \\ &= 2,149 \text{ l/detik} + 0,42983 \text{ l/detik} \\ &= 2,579 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

7. Kebutuhan harian maksimum

$$\begin{aligned} &= 1,15 \times 2,579 \text{ liter/detik} \\ &= 2,966 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan jam puncak

$$\begin{aligned} &= 1,56 \times 2,579 \text{ liter/detik} \\ &= 4,02324 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Selanjutnya, perhitungan kebutuhan air untuk tiap tahun di Kampung Biha Distrik makimi dihitung dengan cara yang sama. Perhitungannya akan disajikan pada Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.7 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih dengan Kehilangan Air Sebesar 20%

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air (ltr/org/hr)	Prosentase Terlayani (%)	Jumlah Penduduk Terlayani (Jiwa)	Jumlah Kebutuhan Air				Kehilangan Air (20%) (ltr/dtk)	Kebutuhan Air Rata-rata (ltr/dtk)	Kebutuhan Harian Maksimum (ltr/dtk)	Kebutuhan Jam Puncak (ltr/dtk)
						Domestik (ltr/hr)	Non Domestik (ltr/hr)	Total					
						(ltr/hr)	(ltr/hr)	(ltr/hr)	(ltr/dtk)				
1	2025	2579	60	100	2579	154740	30948	185688	2,149	0,430	2,579	2,966	4,023
2	2025	2579	60	80	2063	123792	24758,4	148550,4	1,719	0,344	2,063	2,373	3,219
3	2025	2579	60	60	1547	92844	18568,8	111412,8	1,290	0,258	1,547	1,780	2,414

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.8 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih dengan Kehilangan Air Sebesar 40%

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air (ltr/org/hr)	Prosentase Terlayani (%)	Jumlah Penduduk Terlayani (Jiwa)	Jumlah Kebutuhan Air				Kehilangan Air (40%) (ltr/dtk)	Kebutuhan Air Rata-rata (ltr/dtk)	Kebutuhan Harian Maksimum (ltr/dtk)	Kebutuhan Jam Puncak (ltr/dtk)
						Domestik (ltr/hr)	Non Domestik (ltr/hr)	Total					
						(ltr/hr)	(ltr/hr)	(ltr/hr)	(ltr/dtk)				
1	2025	2579	60	100	2579	154740	30948	185688	2,149	0,860	3,009	3,460	4,694
2	2025	2579	60	80	2063	123792	24758,4	148550,4	1,719	0,688	2,407	2,768	3,755
3	2025	2579	60	60	1547	92844	18568,8	111412,8	1,290	0,516	1,805	2,076	2,816

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.9 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih dengan Kehilangan Air Sebesar 60%

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air (ltr/org/hr)	Prosentase Terlayani (%)	Jumlah Penduduk Terlayani (Jiwa)	Jumlah Kebutuhan Air				Kehilangan Air (60%) (ltr/dtk)	Kebutuhan Air Rata-rata (ltr/dtk)	Kebutuhan Harian Maksimum (ltr/dtk)	Kebutuhan Jam Puncak (ltr/dtk)
						Domestik (ltr/hr)	Non Domestik (ltr/hr)	Total					
						(ltr/hr)	(ltr/hr)	(ltr/hr)	(ltr/dtk)				
1	2025	2579	60	100	2579	154740	30948	185688	2,149	1,290	3,439	3,954	5,364
2	2025	2579	60	80	2063	123792	24758,4	148550,4	1,719	1,032	2,751	3,164	4,291
3	2025	2579	60	60	1547	92844	18568,8	111412,8	1,290	0,774	2,063	2,373	3,219

Sumber : Perhitungan

4.4 Ketersediaan Air Bersih

Perhitungan ketersediaan air bersih diperlukan untuk mengetahui kapasitas sumber air yang ada apakah telah mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air yang diperlukan sehingga dapat dilakukan Simulasi sumber lain apabila sumber air dari Air Terjun Musairo belum mencukupi.

Adapun perhitungan ketersediaan air sebagai berikut:

$$Q_{\text{sumber air}} = 0,322 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{kebutuhan air bersih pada jam puncak}} = 5,364 \text{ l/detik} = 0,005364 \text{ m}^3/\text{detik}$$

(Diambil $Q_{\text{kebutuhan air bersih pada jam puncak}}$ terbesar dengan 100 % penduduk terlayani dan kehilangan air sebesar 60%)

$$\begin{aligned} Q_{\text{sumber air}} - Q_{\text{kebutuhan air bersih}} &= 0,322 \text{ m}^3/\text{detik} - 0,005364 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,317 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa ketersediaan air sumber dapat mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada Kampung Biha Distrik Makimi sehingga tidak diperlukan Simulasi sumber air yang lain.

4.5 Perencanaan Sistem jaringan Distribusi Air Bersih dan Kebutuhan Air Bersih Pada Tiap Titik Simpul (Junction)

Besarnya kebutuhan air bergantung pada besarnya debit air yang digunakan oleh penduduk. Kebutuhan air bersih pada tiap titik simpul (junction) dihitung berdasarkan kebutuhan domestik dan non domestik yang dilayani pada titik simpul tersebut. Namun, pada daerah studi tidak direncanakan sambungan rumah, maka pada titik simpul tertentu yang memungkinkan, diletakkan hidran umum untuk melayani penduduk di sekitar daerah tersebut.

Perencanaan sistem jaringan distribusi air pada Kampung Biha Distrik Makimi dilakukan dengan menggunakan sistim gravitasi karena pada daerah studi listrik hanya mengalir selama 6 jam dalam 1 hari dan selama 2 hari sekali akan dilakukan pergiliran listrik untuk kampung yang lain. Hal ini didukung pula oleh lokasi studi yang memiliki beda elevasi 51,25 m antara sumber air dengan daerah paling akhir yang akan dilayani.

Ada sembilan simulasi pada perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih yaitu :

1. Simulasi 1 : 100 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 20 %.
2. Simulasi 2 : 100 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 40 %.
3. Simulasi 3 : 100 % penduduk terlayani dengan kehilangan air se besar 60 %.
4. Simulasi 4 : 80 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 20 %.

5. Simulasi 5 : 80 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 40 %.
6. Simulasi 6 : 80 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 60 %.
7. Simulasi 7 : 60 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 20 %.
8. Simulasi 8 : 60 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 40 %.
9. Simulasi 9 : 60 % penduduk terlayani dengan kehilangan air sebesar 60 %.

Setelah dilakukan evaluasi dari sembilan simulasi diatas, dipilih salah satu Simulasi yang paling sesuai kondisi aliran dan tekanannya dengan menggunakan *WaterCAD v 4.5*.

Dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih ada tiga hal yang harus diperhatikan yaitu :

1. Tekanan air pada jaringan pipa antara 10 – 60 mH₂O.
2. Kemiringan garis hidrolis (*headloss gradient*) 0 – 15 m/km.
3. Kecepatan ijin dalam pipa 0,6 – 2,5 m/detik.

Apabila tekanan yang terjadi tidak sesuai dengan syarat perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih maka dapat dilakukan perbaikan jaringan pipa dengan kondisi:

1. Tekanan kurang dari 10 mH₂O, dilakukan perbaikan dengan cara:
 - Penggantian pipa dengan diameter yang lebih besar
 - Pemompaan
 - Memasang saluran pipa yang kedua diatas, sebagian atau keseluruhan panjang pipa
2. Tekanan lebih besar dari 60 mH₂O, dilakukan perbaikan dengan cara:
 - Pembuatan bak pelepas tekan
 - Pemasangan *Pressure Reducer Valve* (PRV)

Berikut ini langkah-langkah dan asumsi yang diambil dalam menghitung kebutuhan air di tiap titik simpul dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pembebanan kebutuhan air baku tiap titik simpul berfluktuatif berdasarkan waktu kebutuhan daerah layanan setiap jamnya.
2. Kebutuhan air bersih hanya dihitung pada titik simpul yang akan diberi hidran umum untuk melayani penduduk disekitarnya karena tidak terdapat sambungan rumah.
3. Nilai kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan nilai penggunaan air oleh setiap penduduk (Tabel 4.7).

Contoh Perhitungan Debit untuk 1 hidran pada prosentase penduduk terlayani 100 % dan kehilangan air sebesar 20 %.

Dalam perhitungan ini digunakan debit kebutuhan air rerata karena pada simulasi program *WaterCAD v 4.5* sudah ada faktor pengali kebutuhan (LF).

Q Kebutuhan Air Rerata = 2,579 l/detik

Jumlah penduduk = 2579 jiwa

Kapasitas maksimum 1 hidran umum digunakan untuk 100 orang

Jumlah hidran umum yang dibutuhkan = $2579 : 100$ jiwa

= 25,79 buah

= 26 buah

Debit 1 hidran umum = $2,579 : 26$

= 0,1 l/detik

Perhitungan selanjutnya akan ditampilkan pada Tebel 4.10.



Tabel 4.10 Perhitungan Debit Hidran Umum

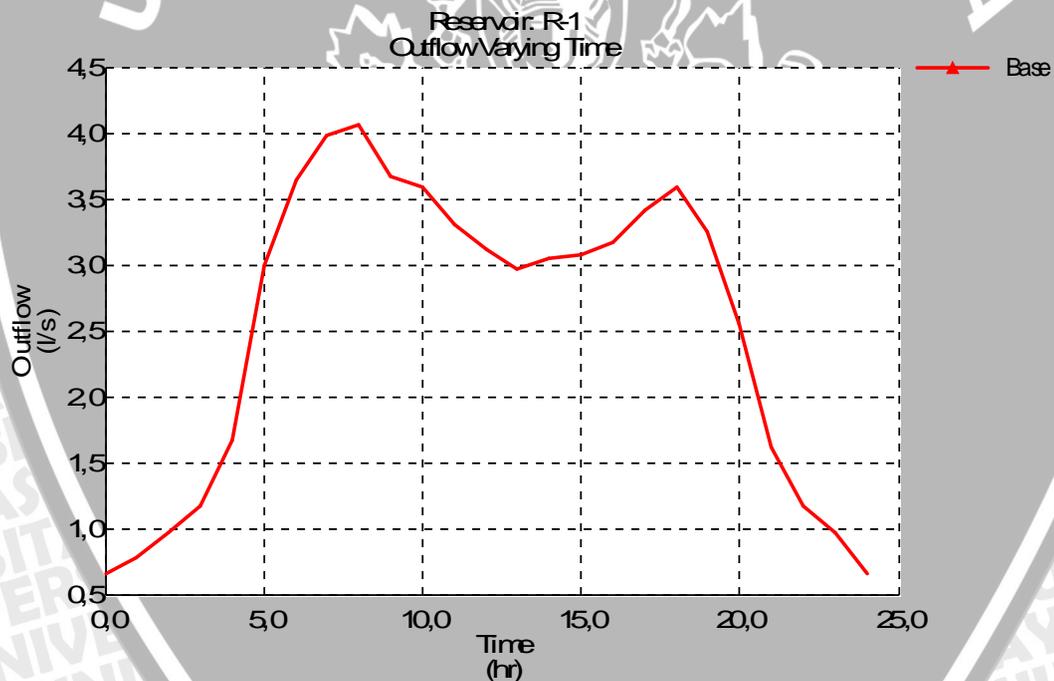
Keterangan	Satuan	Kehilangan Air 20 %			Kehilangan Air 40 %			Kehilangan Air 60 %		
		Jumlah Penduduk Terlayani			Jumlah Penduduk Terlayani			Jumlah Penduduk Terlayani		
		100%	80%	60%	100%	80%	60%	100%	80%	60%
Q Kebutuhan Air Rerata	l/detik	2,579	2,0632	1,5474	3,009	2,407	1,805	3,439	2,751	2,063
Jumlah Penduduk	Jiwa	2579	2063	1547	2579	2063	1547	2579	2063	1547
Kapasitas 1 Hidran Umum	Jiwa	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Jml. Hidran yg Dibutuhkan	Buah	26	21	15	26	21	15	26	21	15
Q 1 Hidran Umum	l/detik	0,1	0,1	0,1	0,117	0,117	0,117	0,133	0,133	0,133

Sumber : Perhitungan

4.6 Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

4.6.1 Simulasi 1

Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan besarnya kebutuhan air pada tiap – tiap titik simpul. Adanya fluktuasi kebutuhan menyebabkan perbedaan permintaan tiap jamnya. Berdasarkan data yang diperoleh, debit yang mampu dike luarkan oleh sumber air sebesar 322 l/detik. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* diperoleh hasil debit yang diperlukan reservoir untuk melayani air bersih pada kebutuhan jam puncak sebesar 4,056 l/detik. Hal ini berbeda dengan perhitungan yang kebutuhan air bersih secara manual yang didapatkan sebesar 4,023 l/detik . Pada perbedaan debit kebutuhan air dari simulasi *WaterCAD v 4.5* dengan hasil perhitungan memiliki selisih sebesar 0,81% maka dapat diabaikan . Maka dapat diketahui bahwa sumber air dari air terjun Muassairo mempunyai kemampuan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di daerah studi.



Gambar 4.1 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 1

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

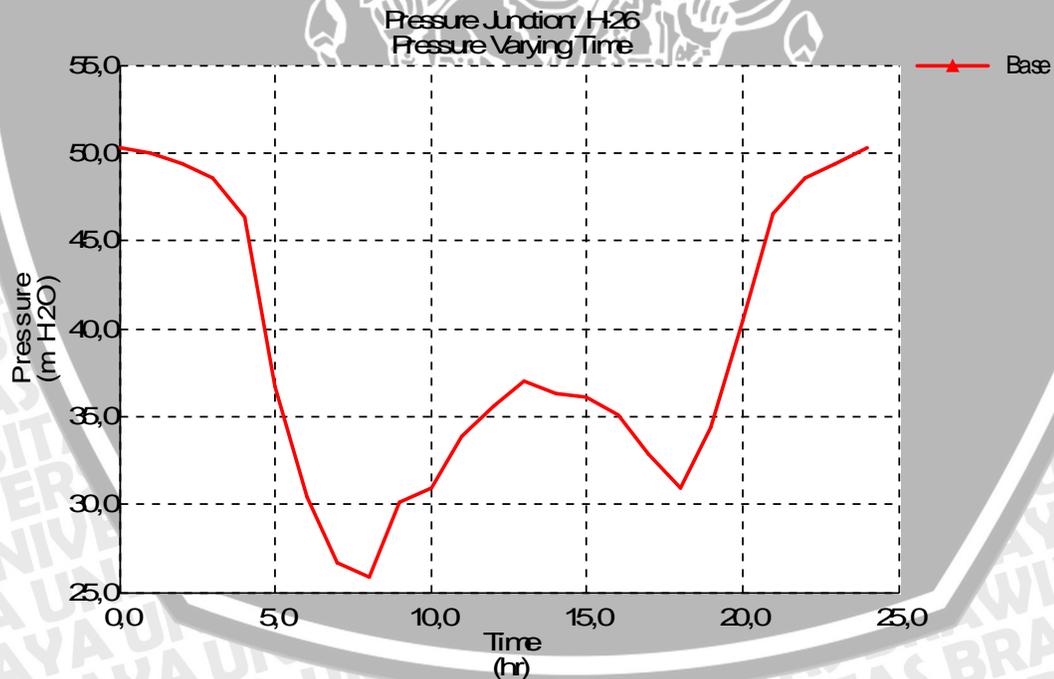
4.6.1.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul.

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* dapat diketahui:

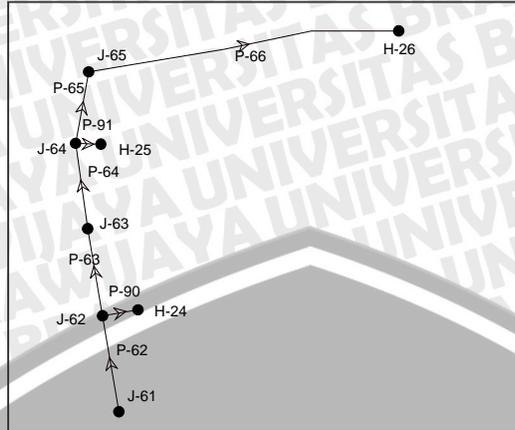
- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Contoh titik simpul H-26 (titik simpul terjauh) pada saat jam puncak diperoleh tekanan sisa sesuai dengan kriteria perencanaan (10 – 60 m H₂O). Tekanan yang besar terjadi pada saat pukul 21.00 – 04.00 yaitu sebesar 46,56 – 46,28 mH₂O. Sedangkan tekanan yang rendah terjadi pada pukul 05.00 – 20.00 sebesar 36,75 – 40,44 mH₂O. Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada jam 5 pagi, seperti ditunjukkan pada Koefisien Faktor Pengali (*Load Factor*) terhadap kebutuhan air bersih. Tekanan paling rendah terjadi pada saat jam 08.00 yaitu 25,82 mH₂O dan tekanan paling tinggi terjadi pada jam 24.00 yaitu sebesar 50,29 mH₂O disaat kebutuhan air berkurang. Kondisi ini juga terjadi pada semua titik simpul yang ada.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5*:



Gambar 4.2 Grafik Fluktuasi Tekanan H-26 Simulasi 1

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.3 Titik Simpul H-26 Simulasi 1
 Sumber: Hasil Analisa Program WaterCAD v 4.5

Tabel 4.11 Tabel Fluktuasi Tekanan H-26 Simulasi 1

Time (hr)	Pressure (m H ₂ O)
0	50,29
1	49,95
2	49,38
3	48,61
4	46,28
5	36,75
6	30,42
7	26,72
8	25,82
9	30,15
10	30,97
11	33,85
12	35,57
13	36,98
14	36,28
15	36,05
16	35,09
17	32,82
18	30,97
19	34,35
20	40,44
21	46,56
22	48,61
23	49,38
24	50,29

Sumber: Hasil simulasi WaterCAD v 4,5

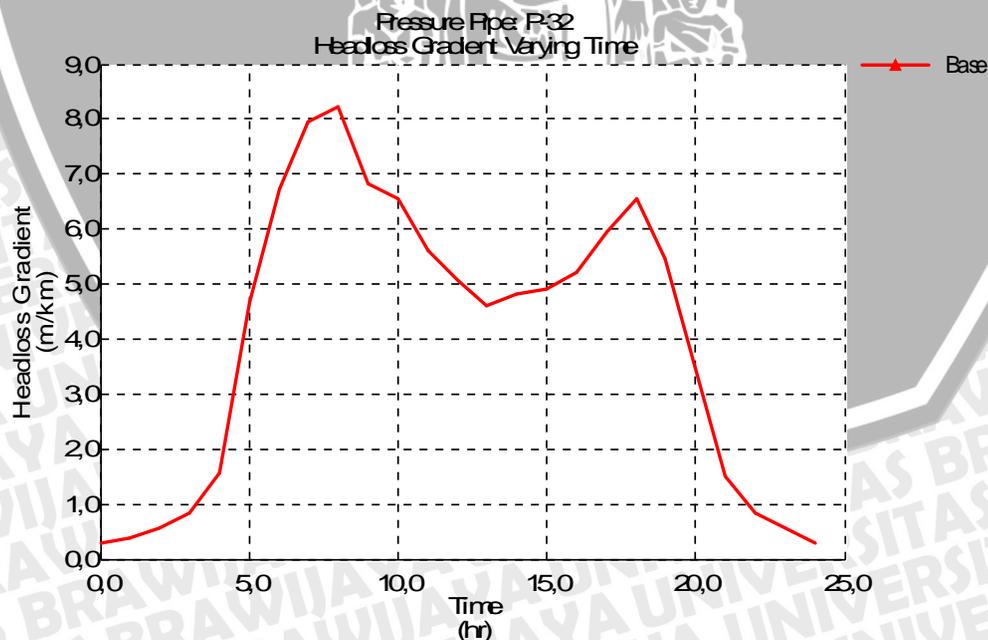
Tekanan pada titik simpul pada Simulasi 1 berkisar antara 25,82 – 35,43 mH₂O. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.

4.6.1.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

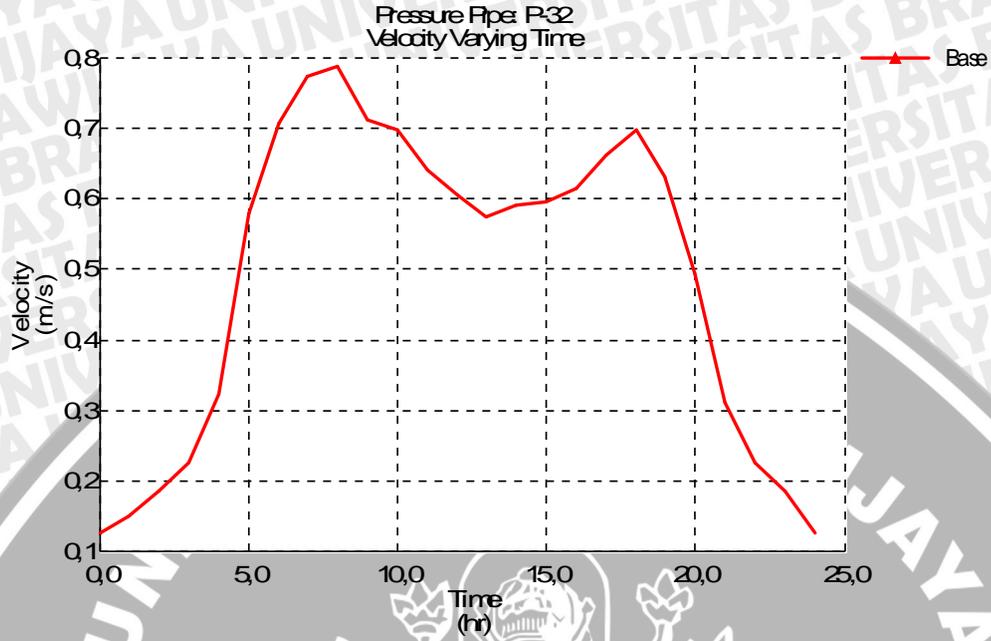
- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami peningkatan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu dari 0,39 m/km menjadi 8,23 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 4,91 m/km menjadi 6,56 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 6,83 m/km menjadi 4,83 m/km dan pada pukul 19.00-24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 5,46 - 0,28 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 8,23 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,13 - 0,79 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,79 dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,13 dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai berikut:

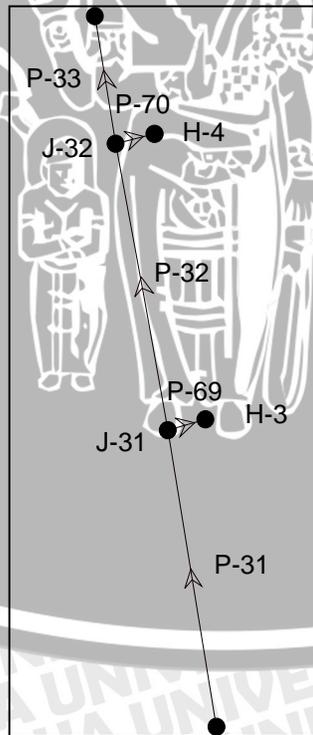


Gambar 4.4 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 1

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



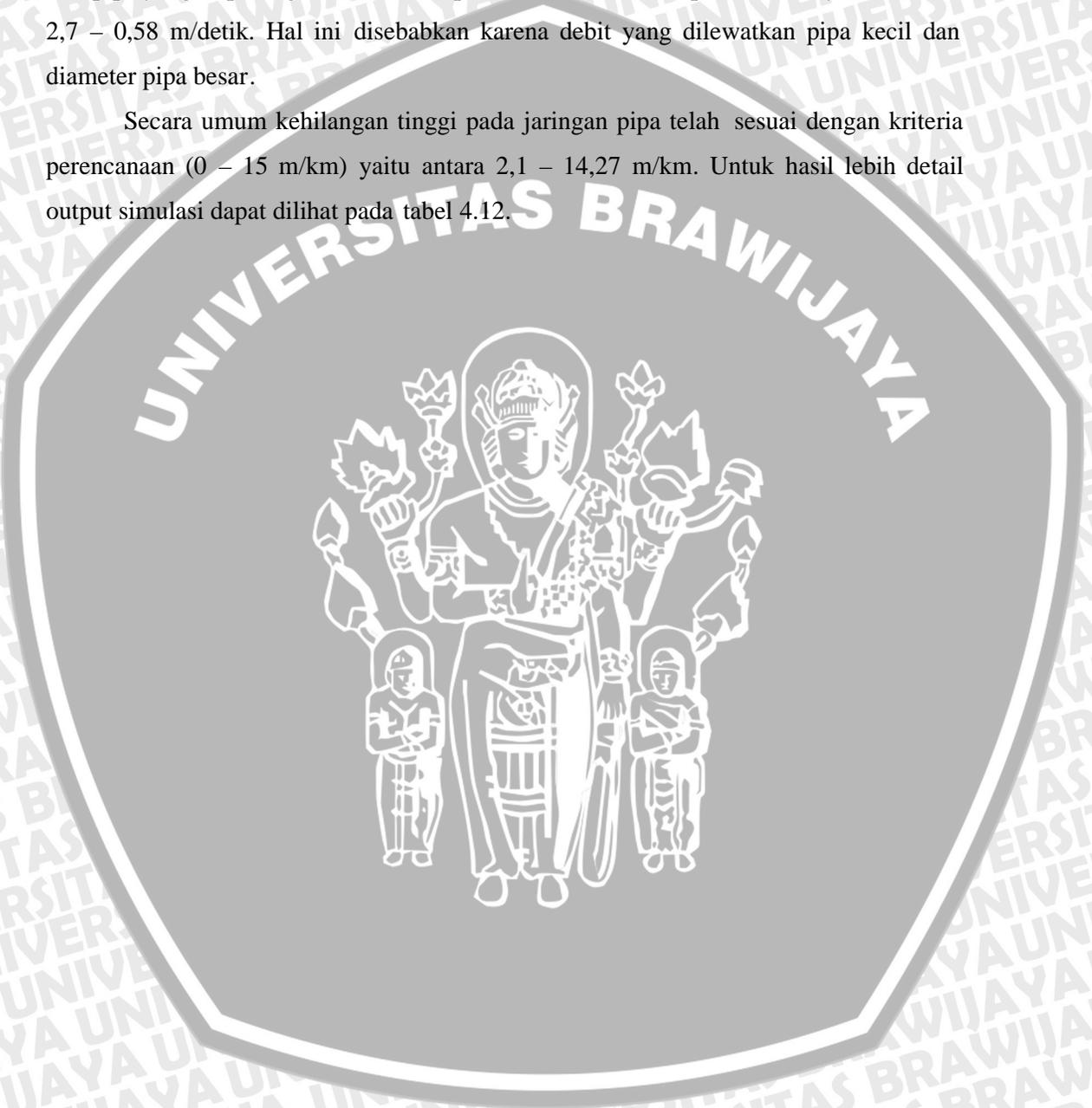
Gambar 4.5 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 1
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD* v 4.5



Gambar 4.6 Pipa 32 Simulasi 1
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD* v 4.5

Pada Tabel 4.12 akan disajikan hasil simulasi *headlos gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 19,78 % kecepatan dari pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) berkisar antara 0,62 - 0,86 m/detik. Namun 80,22 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 2,7 – 0,58 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 2,1 – 14,27 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.12.



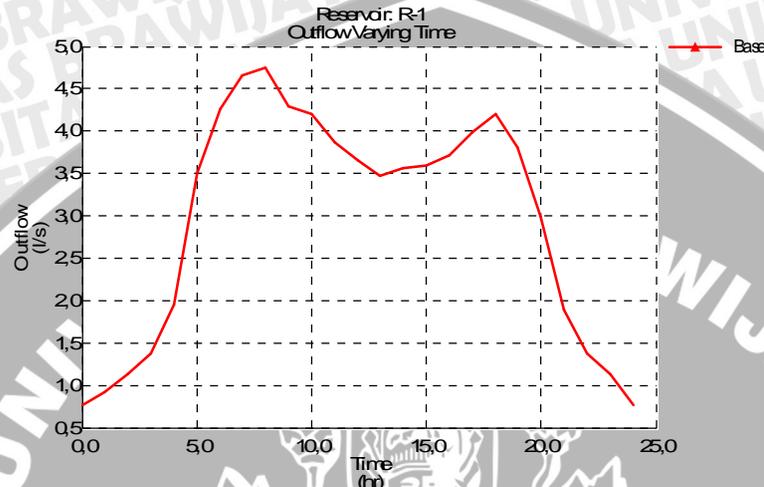






4.6.2 Simulasi 2

Pada hasil simulasi kedua didapatkan debit reservoir sebesar 4,746 l/detik menunjukkan sedikit lebih besar dari perhitungan pada tabel 4.8 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 4,694 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sum ber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.7 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 2

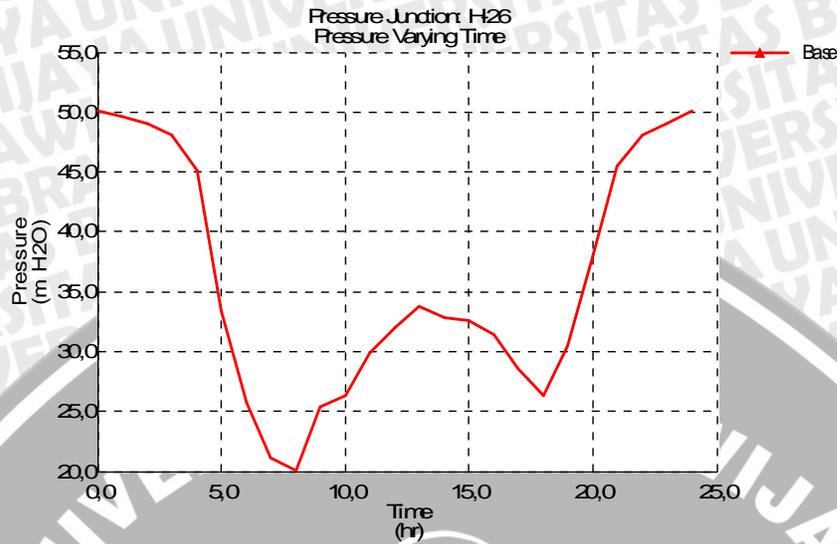
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

4.6.2.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* pada Simulasi 2 dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 2 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 20,03 – 35,17 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-26 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 49,68 – 20,03 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 32,59 – 26,35 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 25,34 - 32,88 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 30,5 – 50,1 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5* :



Gambar 4.8 Grafik Fluktuasi Tekanan H-26 Simulasi 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Tabel 4.13 Tabel Fluktuasi Tekanan H-26 pada Simulasi 2

Time (hr)	Pressure (m H ₂ O)
0	50,1
1	49,68
2	48,98
3	48,03
4	45,17
5	33,45
6	25,68
7	21,13
8	20,03
9	25,34
10	26,35
11	29,88
12	32
13	33,74
14	32,88
15	32,59
16	31,41
17	28,63
18	26,35
19	30,5
20	37,99
21	45,51
22	48,03
23	48,98
24	50,1

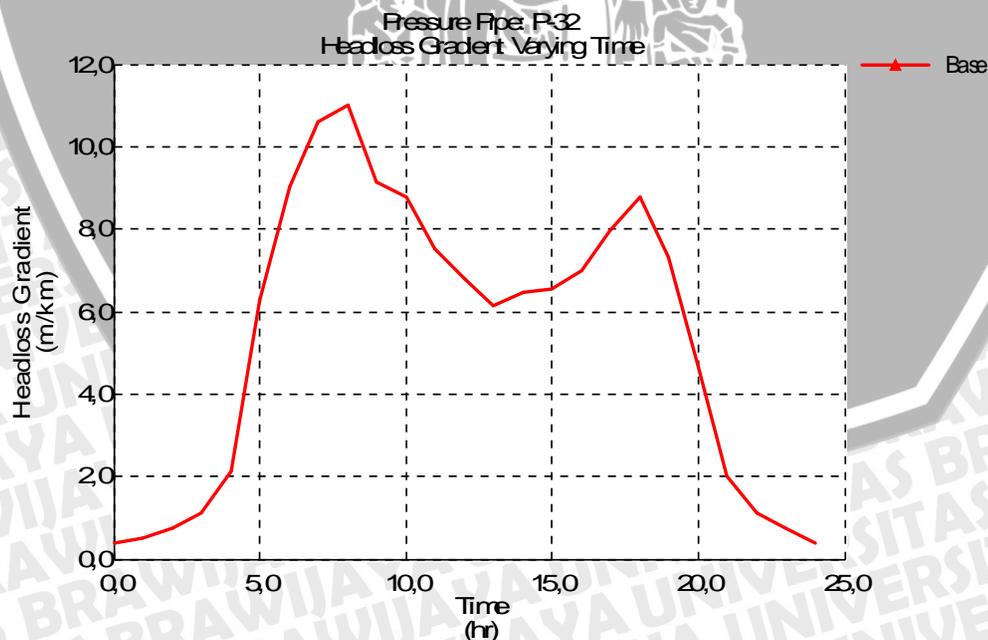
Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD v 4.5*

4.6.2.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

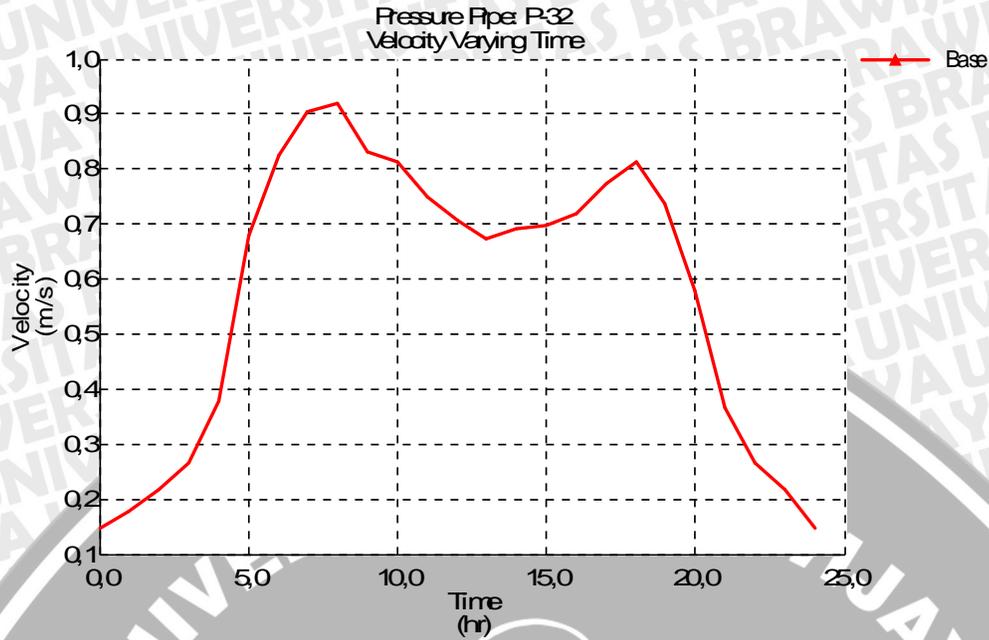
- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,52 – 11,01 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 – 18.00 dari 6,57 m/km menjadi 8,77 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 – 14.00 dari *headloss gradient* 9,13 m/km menjadi 6,46 m/km dan pada pukul 19.00-24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 7,3 - 0,37 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 11,01 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam -jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,15 – 0,92 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,92 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,15 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.10 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.14 akan disajikan hasil simulasi *headloss gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 23,08 % kecepatan dari pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu berkisar antara 0,6 – 1 m/detik. Namun 79,92 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,36 – 0,59 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 1,94 – 12,85 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.14.

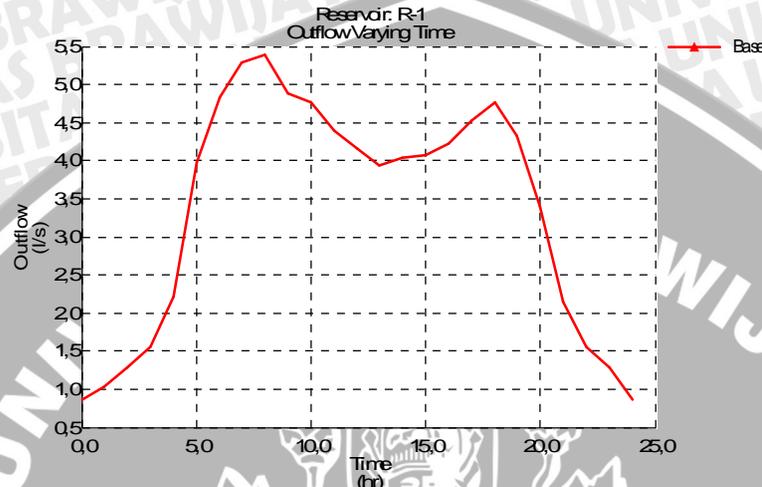






4.6.3 Simulasi 3

Pada hasil simulasi ketiga didapatkan debit reservoir sebesar 5,394 l/detik menunjukkan sedikit lebih besar dari perhitungan pada tabel 4.9 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 5,364 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.11 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 3

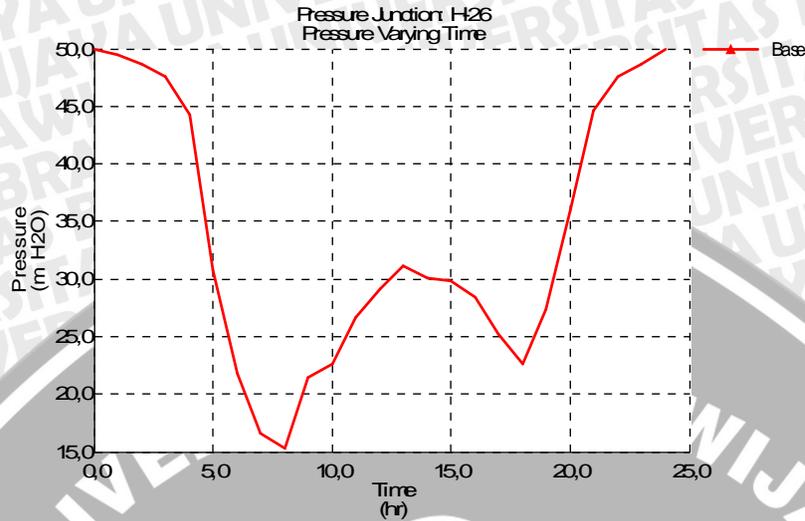
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

4.6.3.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 3 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 15,33 – 34,89 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-26 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 49,46 – 15,33 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 29,79 – 22,6mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 21,44 – 30,12 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 27,38 – 49,94 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5* :



Gambar 4.12 Grafik Fluktuasi Tekanan H-26 Simulasi 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Tabel 4.15 Tabel Fluktuasi Tekanan H-26 pada Simulasi 3

Time (hr)	Pressure (m H2O)
0	49,94
1	49,46
2	48,65
3	47,56
4	44,27
5	30,78
6	21,83
7	16,59
8	15,33
9	21,44
10	22,6
11	26,67
12	29,11
13	31,11
14	30,12
15	29,79
16	28,43
17	25,23
18	22,6
19	27,38
20	36
21	44,66
22	47,56
23	48,65
24	49,94

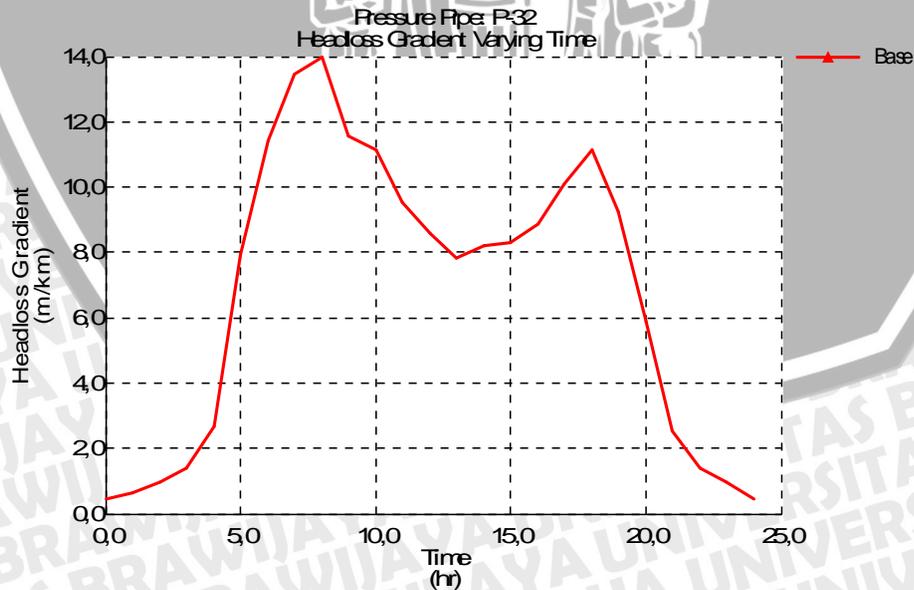
Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD v 4,5*

4.6.3.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

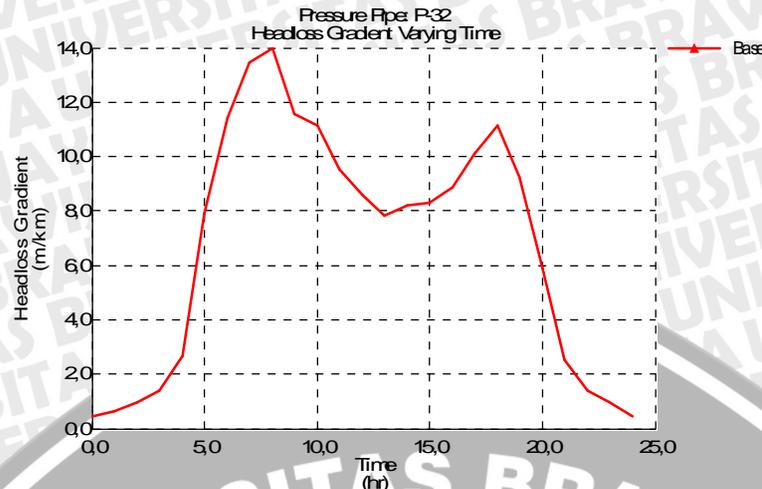
- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,66 – 13,96 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 – 18.00 dari 8,32 m/km menjadi 11,12 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 – 14.00 dari *headloss gradient* 11,58 m/km menjadi 8,19 m/km dan pada pukul 19.00 - 24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 9,26 - 0,47 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 13,96 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,17 – 1,05 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 1,05 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,17 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.13 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.14 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.16 akan disajikan hasil simulasi *headloss gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 56,04 % kecepatan pada pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu sebesar 0,61 – 1,05 m/detik. Namun 43,96 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,36 – 0,59 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 2,46 – 14,23 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.16.

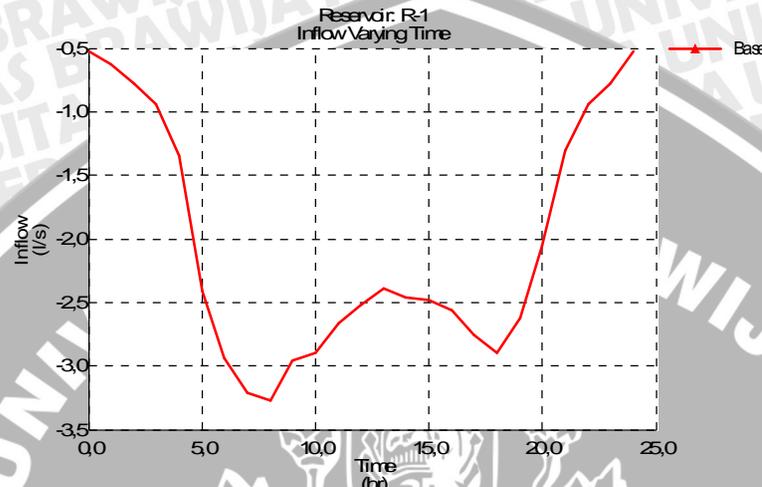






4.6.4 Simulasi 4

Pada hasil simulasi keempat didapatkan debit reservoir sebesar 3,276 l/detik menunjukkan sedikit lebih besar dari perhitungan pada tabel 4.7 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 3,219 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.15 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 4

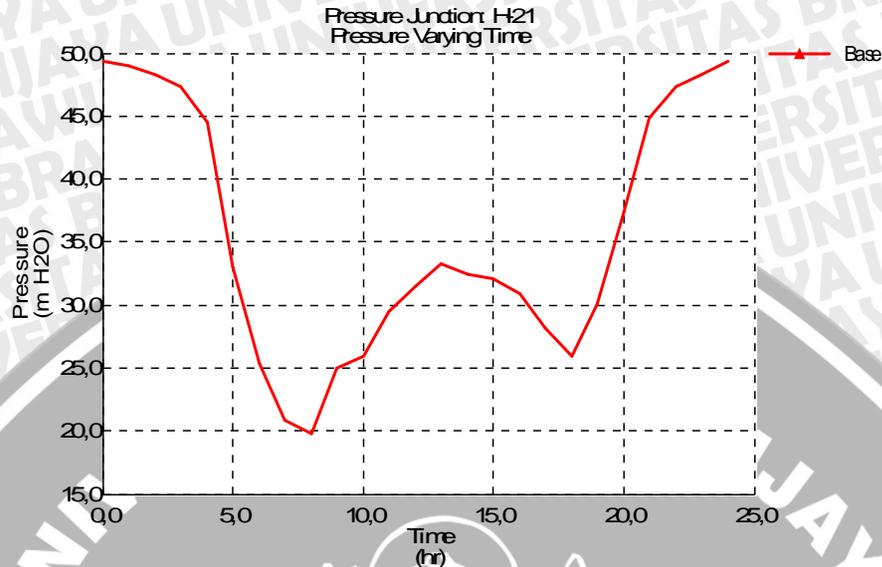
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

4.6.4.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 4 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 19,75 – 36,53 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-21 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 48,95 – 19,75 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 32,12 – 25,98 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 24,98 – 32,41 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 30,07 – 49,37 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD* v 4.5 :



Gambar 4.16 Grafik Fluktuasi Tekanan H-21 Simulasi 4

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD* v 4.5

Tabel 4.17 Tabel Fluktuasi Tekanan H-21 pada Simulasi 4

Time (hr)	Pressure (m H2O)
0	49,37
1	48,95
2	48,27
3	47,33
4	44,51
5	32,98
6	25,32
7	20,83
8	19,75
9	24,98
10	25,98
11	29,46
12	31,55
13	33,25
14	32,41
15	32,12
16	30,96
17	28,22
18	25,98
19	30,07
20	37,44
21	44,85
22	47,33
23	48,27
24	49,37

Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD* v 4,5

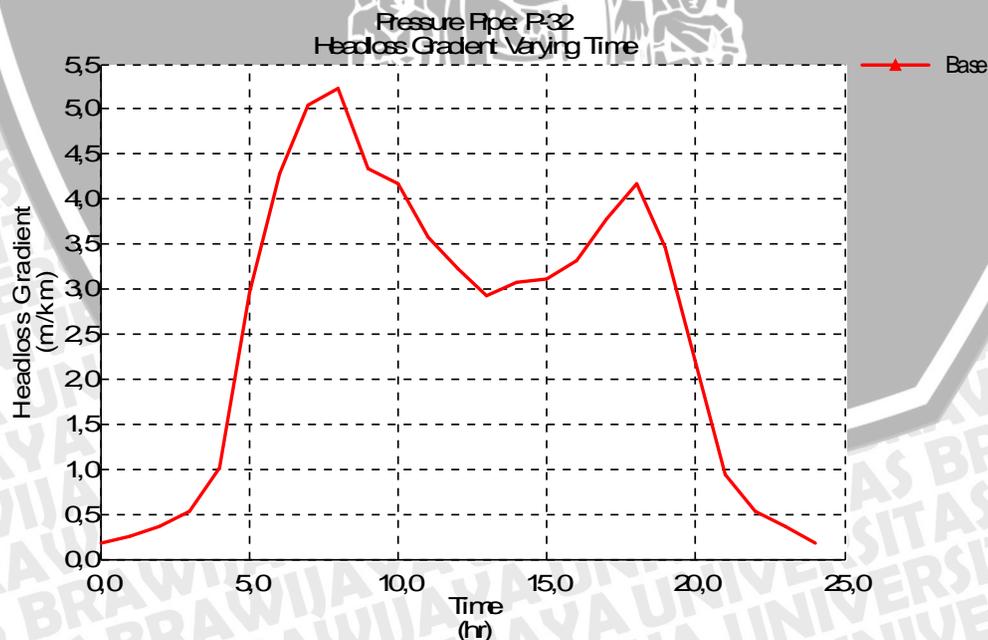
4.6.4.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,25 - 5,23 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 3,12 m/km menjadi 4,17 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 4,34 m/km menjadi 3,07 m/km dan pada pukul 19.00 - 24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 3,47 - 0,18 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 5,23 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,1 - 0,62 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,62 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,1 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

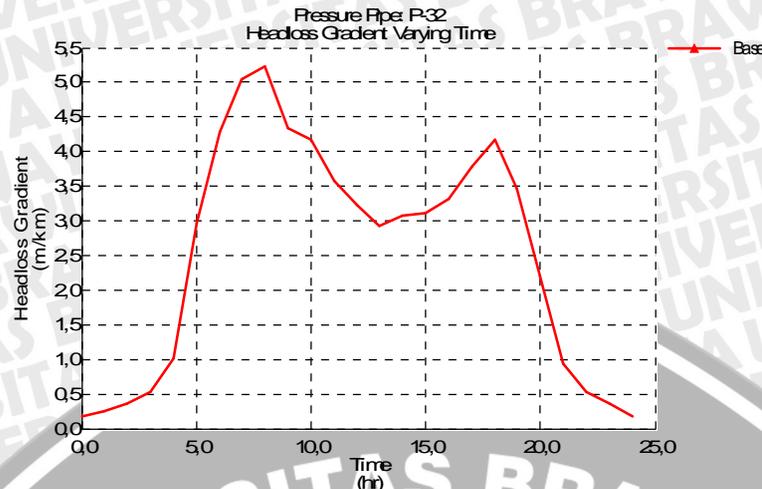
Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai

berikut:



Gambar 4.17 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 4

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.18 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 4

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.18 akan disajikan hasil simulasi *headloss gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 31,33 % kecepatan pada pipa distribusi telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu berkisar antara 0,62 – 0,77 m/detik. Namun 68,67 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,27 – 0,58 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 1,71 – 14,27 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.18.

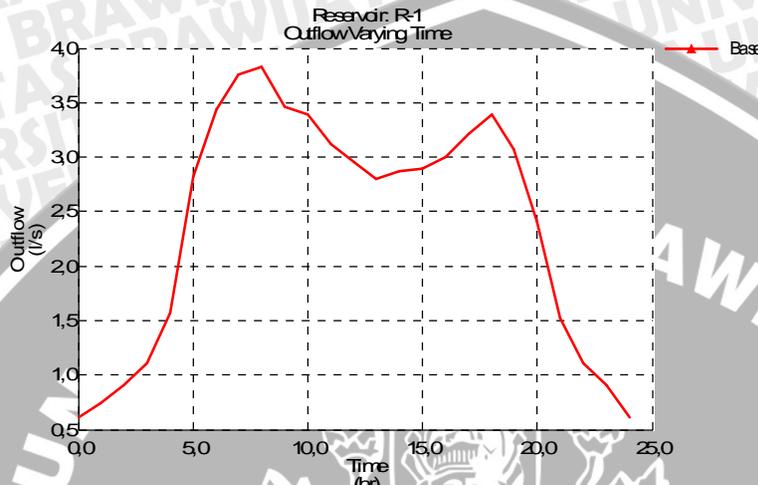






4.6.5 Simulasi 5

Pada hasil simulasi kelima didapatkan debit reservoir sebesar 3,833 l/detik menunjukkan sedikit lebih besar dari perhitungan pada tabel 4.8 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 3,755 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.19 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 5

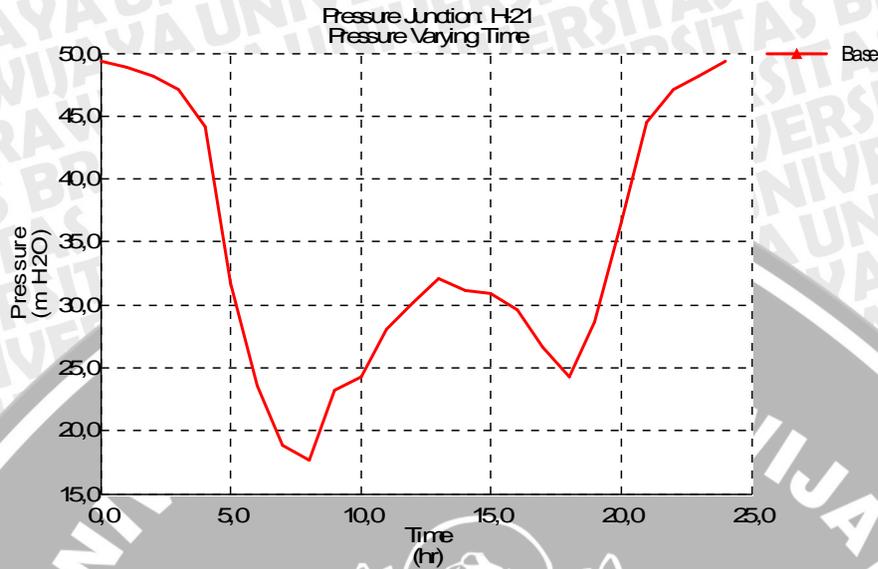
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD* v 4.5

4.6.5.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD* v 4.5 dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 5 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 17,64– 36,01 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-21 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 48,85 – 17,64 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 30,86 – 24,29 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 23,23 – 31,17 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 28,66 – 49,3 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5* :



Gambar 4.20 Grafik Fluktuasi Tekanan H-21 Simulasi 5

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Tabel 4.19 Tabel Fluktuasi Tekanan H-21 pada Simulasi 5

Time (hr)	Pressure (m H2O)
0	49,3
1	48,85
2	48,12
3	47,12
4	44,11
5	31,77
6	23,59
7	18,8
8	17,64
9	23,23
10	24,29
11	28,02
12	30,25
13	32,07
14	31,17
15	30,86
16	29,62
17	26,69
18	24,29
19	28,66
20	36,55
21	44,47
22	47,12
23	48,12
24	49,3

Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD v 4.5*

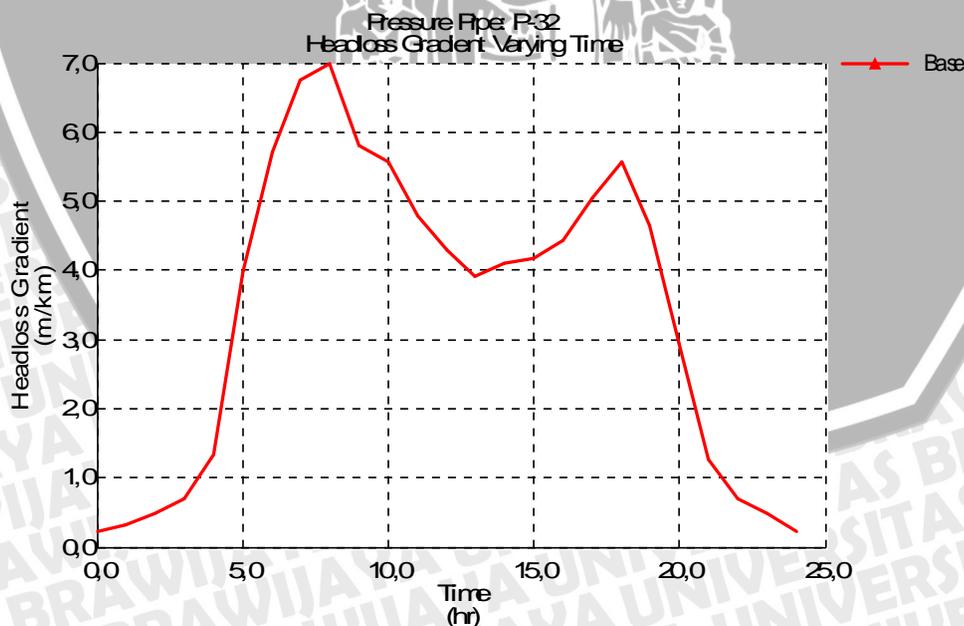
4.6.5.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,33 - 6,99 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 4,17 m/km menjadi 5,57 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 5,8 m/km menjadi 4,1 m/km dan pada pukul 19.00 - 24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 4,64 - 0,24 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 6,99 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,12 - 0,72 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,72 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,12 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

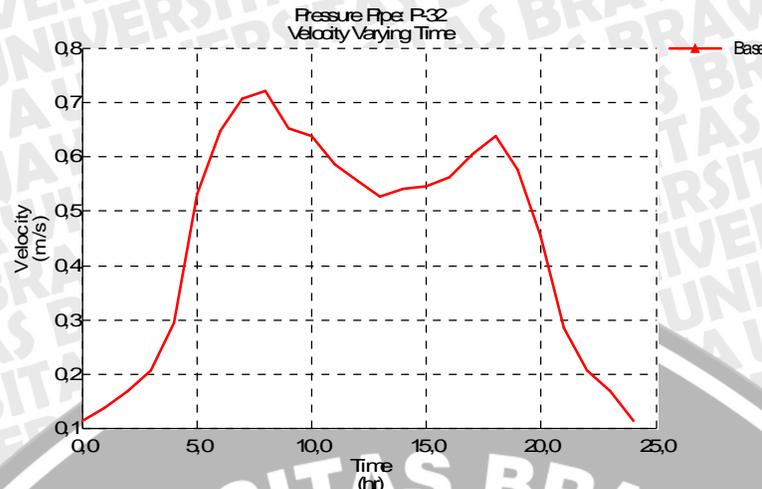
Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai

berikut:



Gambar 4.21 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 5

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.21 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 5

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.20 akan disajikan hasil simulasi *headlos gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 33,73 % kecepatan pada pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu sebesar 0,6 – 0,84 m/detik. Namun 66,27 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,36 – 0,56 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 2,29 – 13,96 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.20.

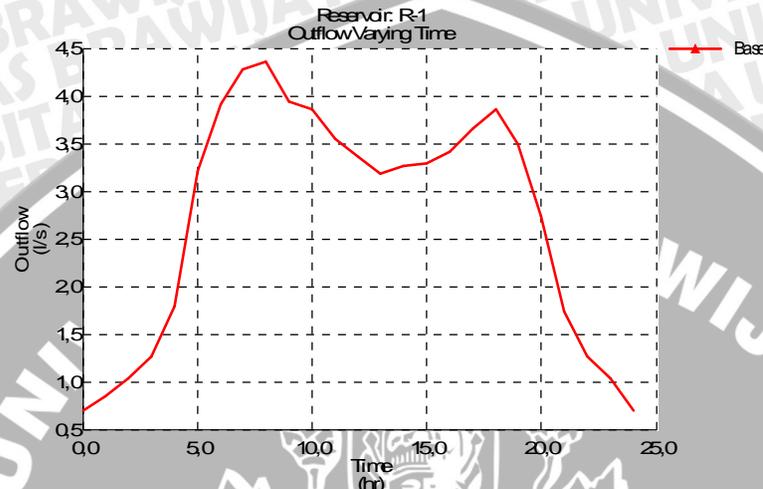






4.6.6 Simulasi 6

Pada hasil simulasi keenam didapatkan debit reservoir sebesar 4,357 l/detik menunjukkan sedikit lebih besar dari perhitungan pada tabel 4.9 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 4,291 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.22 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 6

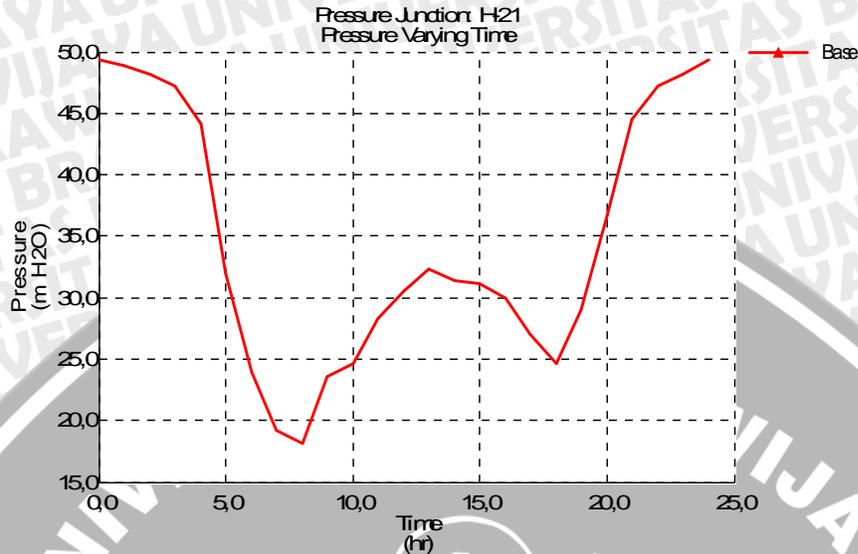
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD* v 4.5

4.6.6.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD* v 4.5 dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 6 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 18,08 – 35,32 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-21 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 48,87 – 18,08 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 31,13 – 24,65 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 23,6 – 31,43 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 28,96 – 49,31 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5* :



Gambar 4.23 Grafik Fluktuasi Tekanan H-21 Simulasi 6

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Tabel 4.21 Tabel Fluktuasi Tekanan H-21 pada Simulasi 6

Time (hr)	Pressure (m H2O)
0	49,31
1	48,87
2	48,15
3	47,17
4	44,19
5	32,03
6	23,95
7	19,22
8	18,08
9	23,6
10	24,65
11	28,32
12	30,52
13	32,32
14	31,43
15	31,13
16	29,9
17	27,01
18	24,65
19	28,96
20	36,74
21	44,55
22	47,17
23	48,15
24	49,31

Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD v 4,5*

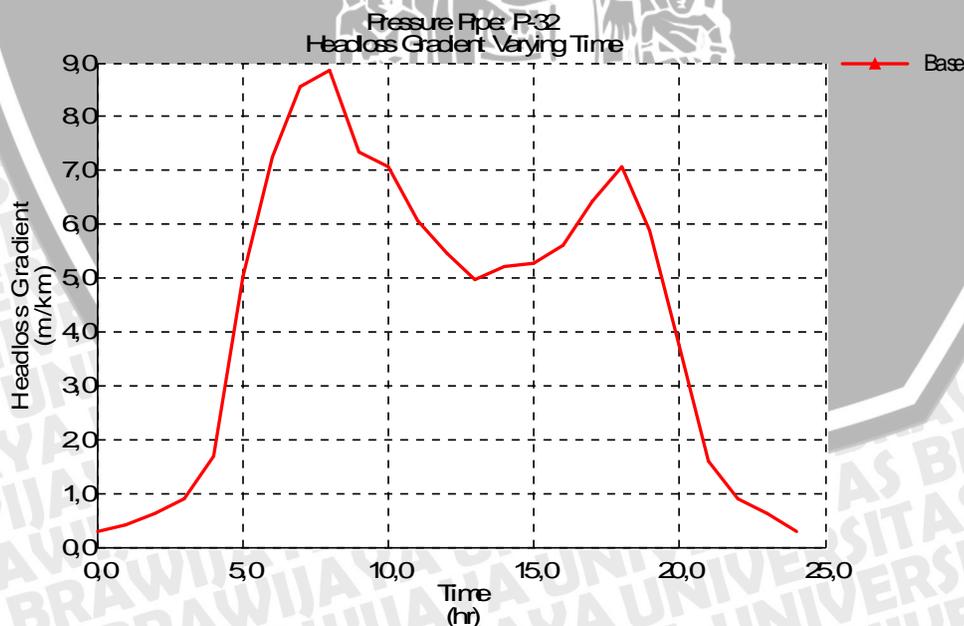
4.6.6.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,42 - 8,87 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 5,29 m/km menjadi 7,06 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 7,35 m/km menjadi 5,2 m/km dan pada pukul 19.00 - 24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 5,88 - 0,3 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 8,87 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,13 - 0,82 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,82 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,13 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

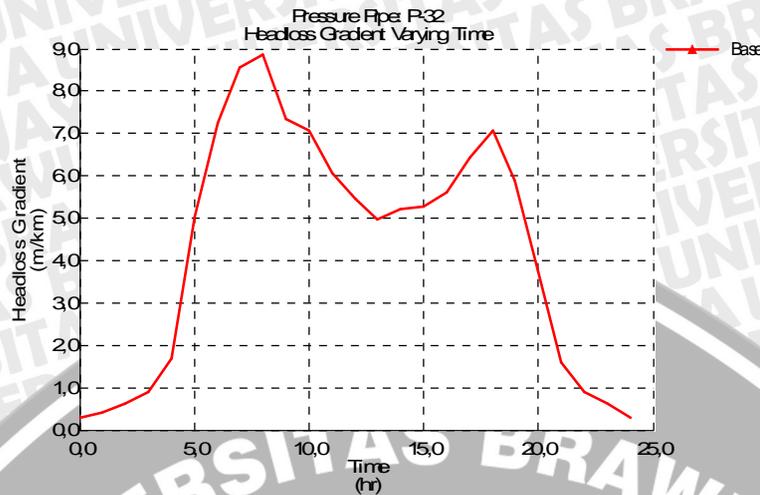
Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai

berikut:



Gambar 4.24 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 6

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.25 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 6

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.22 akan disajikan hasil simulasi *headloss gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam pun cak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 27,71 % kecepatan pada pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu sebesar 0,61 – 0,96 m/detik. Namun 72,29 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,36 – 0,59 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 2,46 – 14,23 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.22.

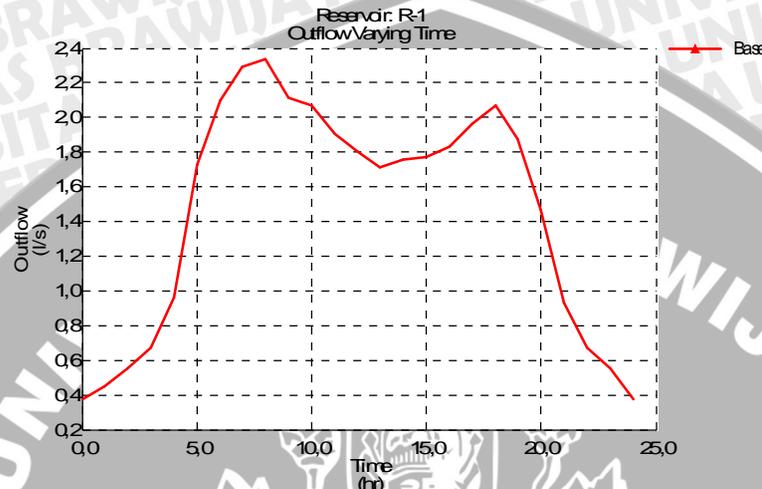






4.6.7 Simulasi 7

Pada hasil simulasi ketujuh didapatkan debit reservoir sebesar 2,34 l/detik menunjukkan sedikit lebih kecil dari perhitungan pada tabel 4.7 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 2,414 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih dapat tercukupi.



Gambar 4.26 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 7

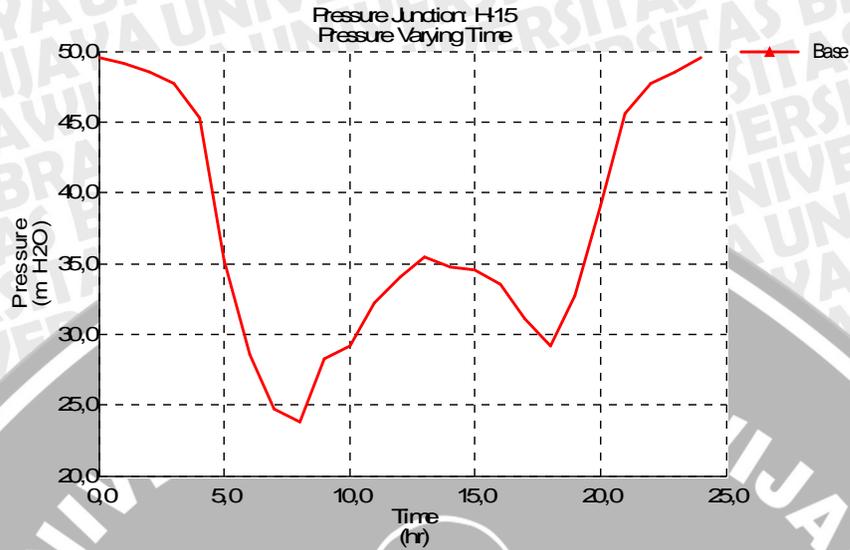
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

4.6.7.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 7 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 23,76 – 35,07 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-15 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 49,14 – 23,76 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 34,52 – 29,17 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 28,31 – 34,76 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 32,73 – 49,5 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD* v 4.5 :



Gambar 4.27 Grafik Fluktuasi Tekanan H-15 Simulasi 7

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD* v 4.5

Tabel 4.21 Tabel Fluktuasi Tekanan H-15 pada Simulasi 7

Time (hr)	Pressure (m H2O)
0	49,5
1	49,14
2	48,54
3	47,73
4	45,28
5	35,26
6	28,6
7	24,7
8	23,76
9	28,31
10	29,17
11	32,2
12	34,01
13	35,5
14	34,76
15	34,52
16	33,5
17	31,12
18	29,17
19	32,73
20	39,14
21	45,58
22	47,73
23	48,54
24	49,5

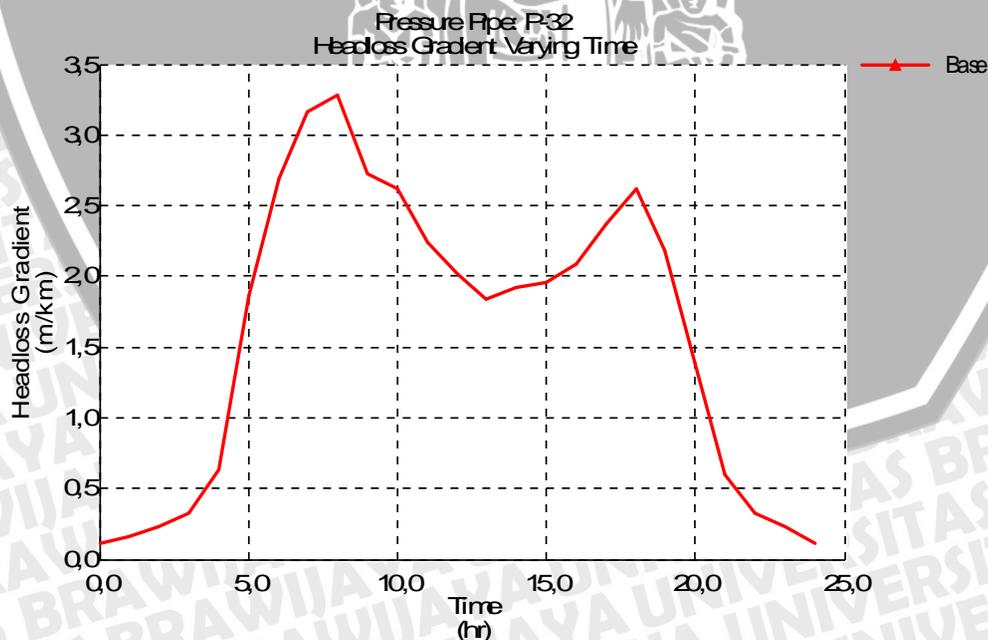
Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD* v 4,5

4.6.7.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

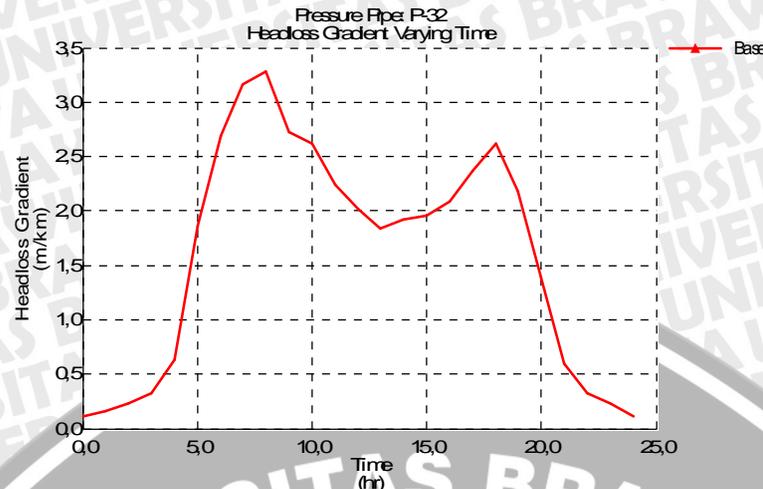
- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,15 - 3,28 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 1,96 m/km menjadi 2,62 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 2,72 m/km menjadi 1,92 m/km dan pada pukul 19.00-24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 2,18 - 0,11 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 3,28 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam -jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,08 - 0,48 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,48 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,08 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4.28 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 7

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.29 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 7

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.24 akan disajikan hasil simulasi *headlos gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 10,39 % kecepatan pada pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu sebesar 0,62 – 0,77 m/detik. Namun 89,61 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,27 – 0,55 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

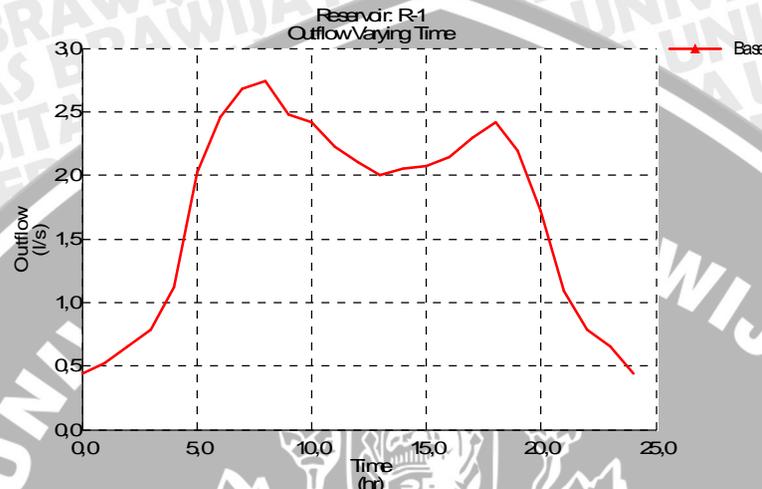
Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 2,1 – 14,17 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.24.





4.6.8 Simulasi 8

Pada hasil simulasi didapatkan debit reservoir sebesar 2,738 l/detik menunjukkan sedikit lebih kecil dari perhitungan pada tabel 4.8 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 2,816 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.30 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 8

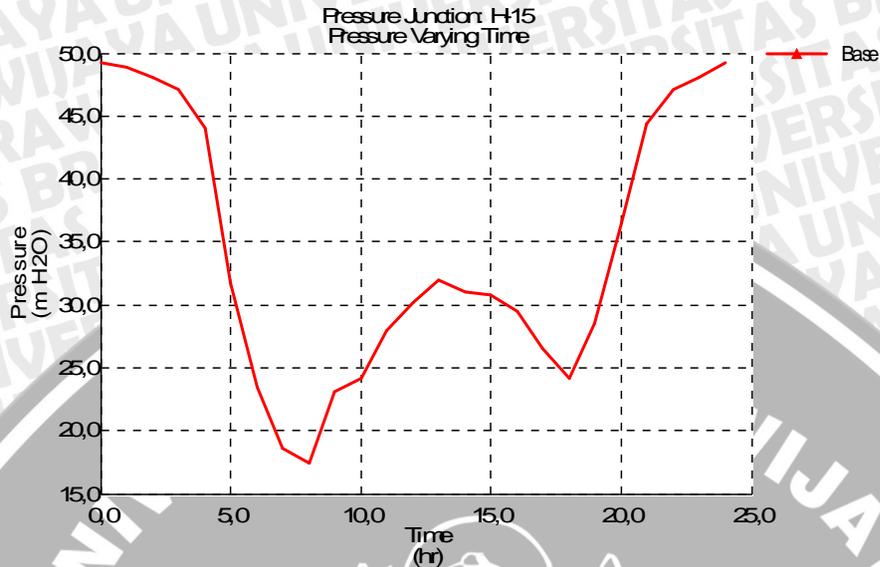
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

4.6.8.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 8 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 17,48 – 34,69 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-15 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 48,84 – 17,48 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 30,77 – 24,17 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 23,1 – 31,08 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 28,56 – 49,29 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga terjadi pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5* :



Gambar 4.31 Grafik Fluktuasi Tekanan H-15 Simulasi 8

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Tabel 4.25 Tabel Fluktuasi Tekanan H-15 pada Simulasi 8

Time (hr)	Pressure (m H ₂ O)
0	49,29
1	48,84
2	48,11
3	47,11
4	44,08
5	31,68
6	23,46
7	18,64
8	17,48
9	23,1
10	24,17
11	27,91
12	30,15
13	31,98
14	31,08
15	30,77
16	29,52
17	26,58
18	24,17
19	28,56
20	36,48
21	44,44
22	47,11
23	48,11
24	49,29

Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD v 4.5*

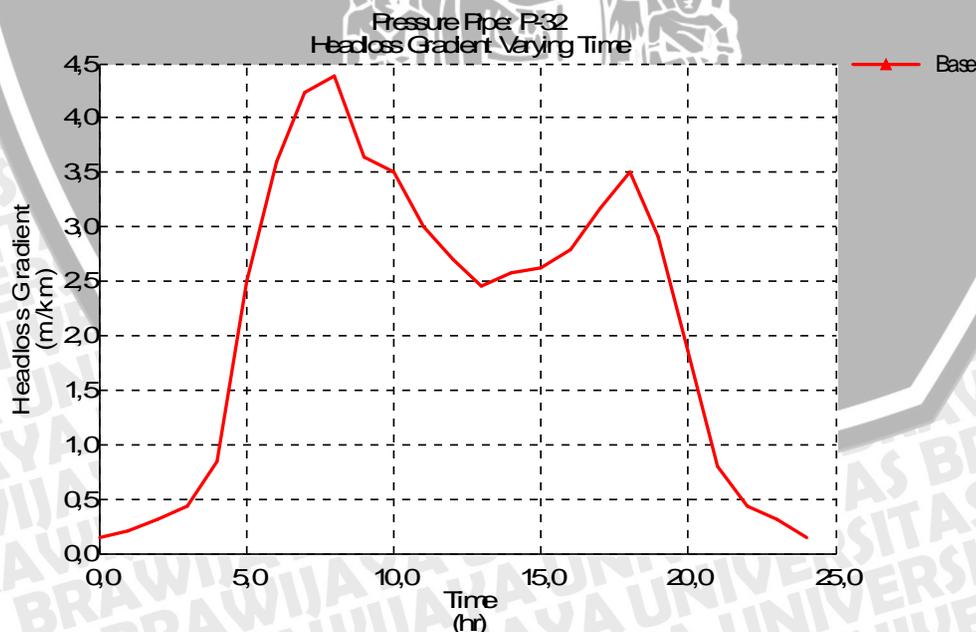
4.6.8.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,21 - 4,39 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 2,62 m/km menjadi 3,5 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 3,64 m/km menjadi 0,15 m/km dan pada pukul 19.00 - 24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 2,91 - 0,15 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 4,39 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,09 - 0,56 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,56 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,09 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

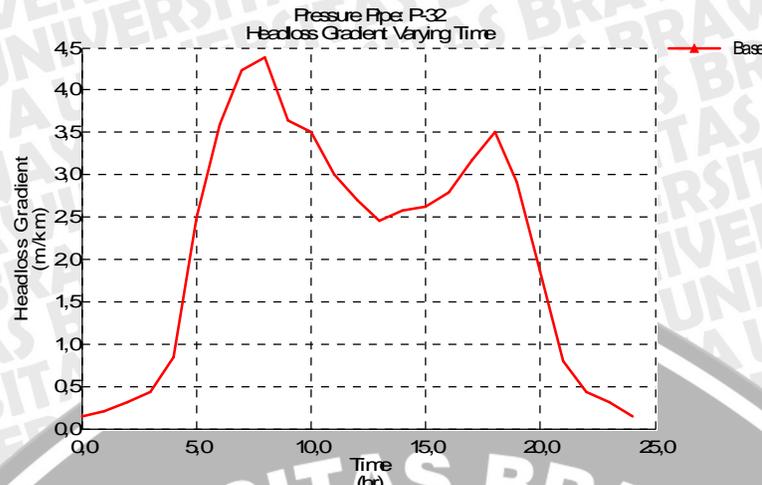
Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai

berikut:



Gambar 4.32 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 8

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.33 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 8

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.26 akan disajikan hasil simulasi *headlos gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 49,35 % kecepatan pada pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu sebesar 0,6 – 0,81 m/detik. Namun 50,65 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,36 – 0,56 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

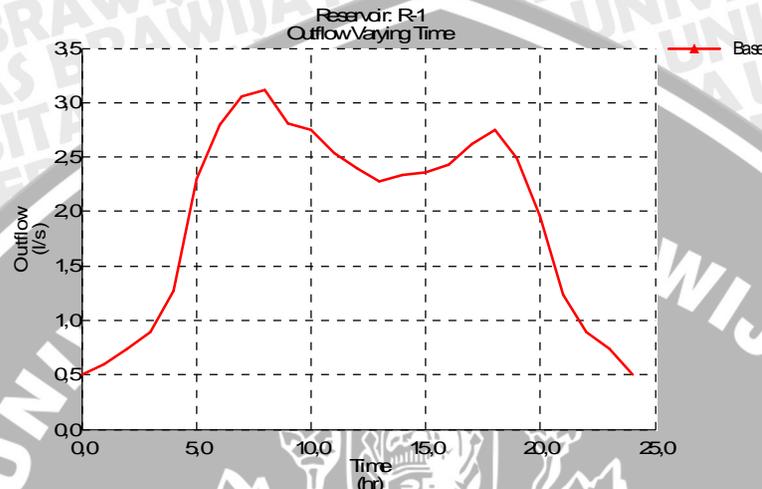
Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 2,35 – 13,96 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.26.





4.6.9 Simulasi 9

Pada hasil simulasi didapatkan debit reservoir sebesar 3,112 l/detik menunjukkan lebih kecil dari perhitungan pada tabel 4.9 yaitu kebutuhan saat jam puncak sebesar 3,219 l/detik. Kedua debit tersebut masih dibawah debit sumber yang ada yaitu 322 l/detik sehingga kebutuhan air bersih masih dapat tercukupi.



Gambar 4.34 Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1 Simulasi 9

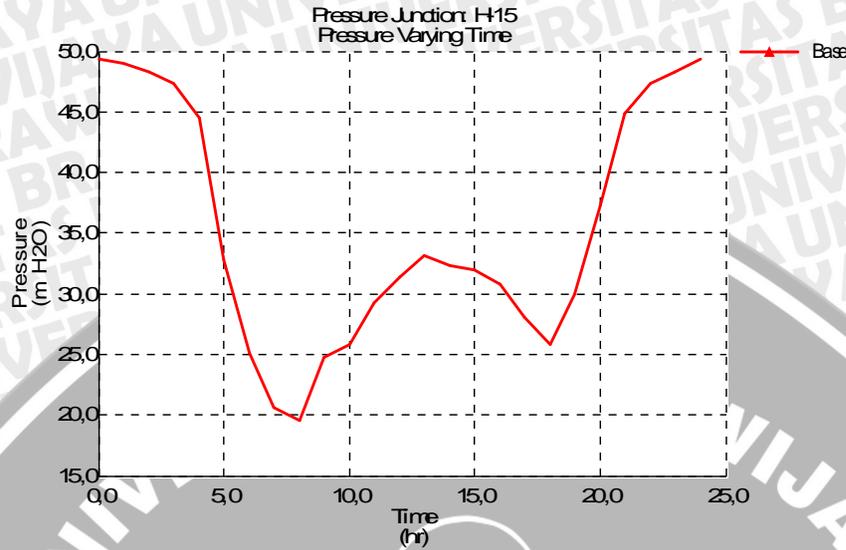
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

4.6.9.1 Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Tekanan sisi pada titik simpul adalah selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul. Faktor penyebab menurunnya tekanan sisa pada titik simpul adalah jumlah debit pada titik simpul dan elevasi titik simpul. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD v 4.5* dapat diketahui:

- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi 9 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul berkisar antara 19,51 – 36,79 mH₂O sesuai kriteria perencanaan. Untuk hasil lebih detail output hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran.
- Pada titik simpul H-15 (titik simpul terjauh) tekanan menurun saat pukul 01.00 – 08.00 sebesar 48,94 – 18,51 mH₂O dan pukul 15.00 – 18.00 tekanan berkisar antara 31,89 – 25,78 mH₂O. Penurunan tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu sebesar 24,78 – 32,27 mH₂O kemudian kenaikan tekanan tertinggi terjadi pukul 19.00 – 24.00 sebesar 29,9 – 49,36 mH₂O. Fluktuasi tekanan juga terjadi pada titik simpul yang lain.

Berikut disajikan contoh hasil simulasi titik simpul terjauh dengan bantuan program *WaterCAD v 4.5* :



Gambar 4.35 Grafik Fluktuasi Tekanan H-15 Simulasi 9

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Tabel 4.27 Tabel Fluktuasi Tekanan H-15 pada Simulasi 9

Time (hr)	Pressure (m H ₂ O)
0	49,36
1	48,94
2	48,25
3	47,31
4	44,47
5	32,84
6	25,12
7	20,6
8	19,51
9	24,78
10	25,78
11	29,29
12	31,4
13	33,12
14	32,27
15	31,98
16	30,81
17	28,05
18	25,78
19	29,9
20	37,34
21	44,81
22	47,31
23	48,25
24	49,36

Sumber: Hasil simulasi *WaterCAD v 4.5*

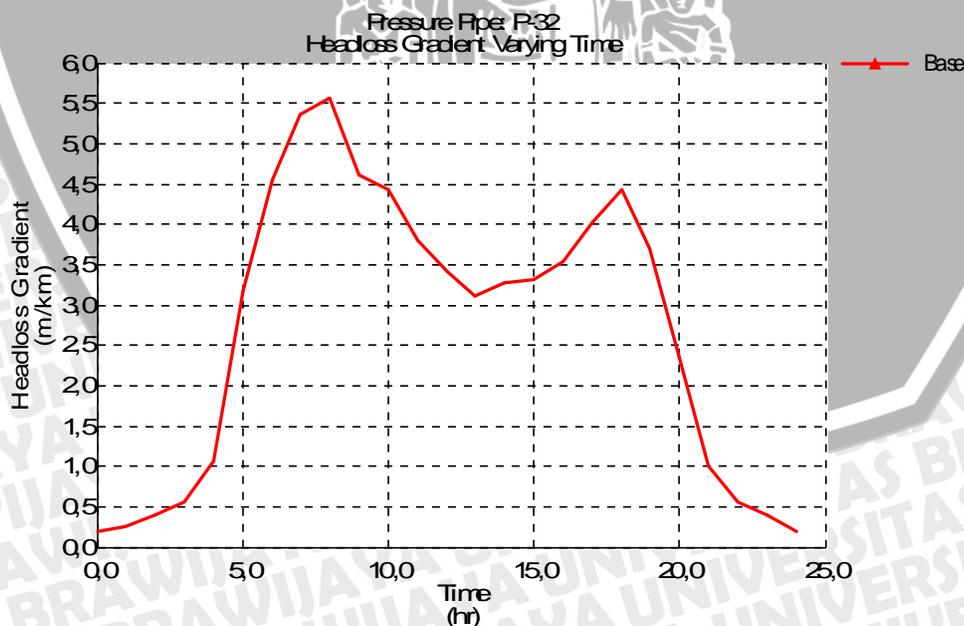
4.6.9.2 Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *WaterCAD v 4.5* pada jam puncak (pukul 08.00) dapat diketahui:

- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 32 mengalami perubahan yang cukup besar pada pukul 01.00 - 08.00 yaitu 0,26 - 5,57 m/km dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 18.00 dari 3,32 m/km menjadi 4,44 m/km. Penurunan terjadi pukul 09.00 - 14.00 dari *headloss gradient* 4,62 m/km menjadi 3,27 m/km dan pada pukul 19.00-24.00 mengalami penurunan yang cukup besar yaitu dari 3,69 - 0,19 m/km. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 08.00 sebesar 5,57 m/km, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.
- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada pipa 32 berkisar antara 0,1 - 0,64 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 08.00 sebesar 0,64 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,1 m/detik dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

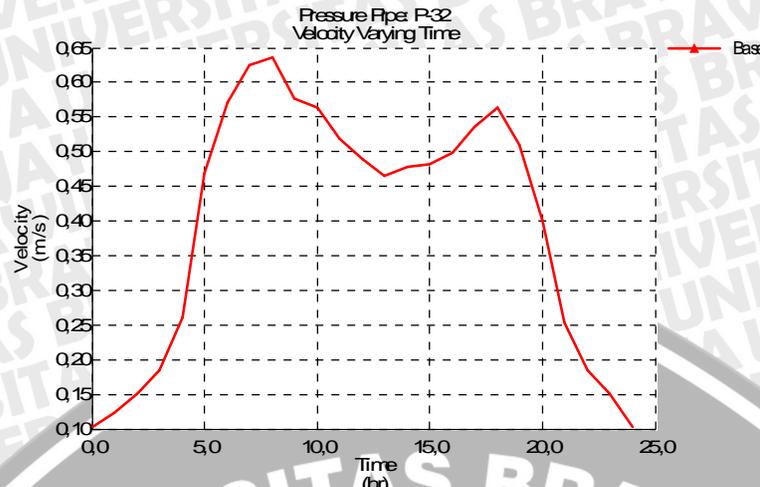
Kondisi *headloss gradient* dan kecepatan pipa untuk pipa 32 disajikan sebagai

berikut:



Gambar 4.36 Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* P-32 Simulasi 9

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*



Gambar 4.37 Grafik Fluktuasi Kecepatan P-32 Simulasi 9

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD v 4.5*

Pada Tabel 4.28 akan disajikan hasil simulasi *headlos gradient* dan kecepatan pada jaringan pipa untuk semua pipa pada pukul 08.00 (jam puncak). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa 49,35 % kecepatan pada pipa yang ada telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0,6 – 2,5 m/detik) yaitu sebesar 0,6 – 0,82 m/detik. Namun 50,65 % dari pipa yang terpasang memiliki kecepatan dibawah kriteria perencanaan yaitu sebesar 0,36 – 0,59 m/detik. Hal ini disebabkan karena debit yang dilewatkan pipa kecil dan diameter pipa besar.

Secara umum kehilangan tinggi pada jaringan pipa telah sesuai dengan kriteria perencanaan (0 – 15 m/km) yaitu antara 1,56 – 14,23 m/km. Untuk hasil lebih detail output simulasi dapat dilihat pada tabel 4.28.







Dari Tabel 4.29 rekapitulasi hasil simulasi 1 sampai dengan 9 dapat diketahui pola perubahan 3 syarat hidrolis pada sistem jaringan pipa. Adapun faktor – faktor yang dapat mempengaruhi perubahan 3 syarat hidro lis pada pipa dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Faktor -faktor yang mempengaruhi perubahan 3 syarat hidrolis pada pipa

Data	Keterangan
Input WaterCAD v 4.5	1. Pipa : panjang, jenis material, koefisien kekasaran, elevasi hulu dan hilir 2. Junction : elevasi dan debit kebutuhan (d disesuaikan dengan fluktuasi debit yang diperlukan apabila digunakan sebagai junction keluaran) 3. Reservoir : elevasi
Output WaterCAD v 4.5	1. Pipa : kecepatan dan <i>headloss gradient</i> 2. Junction : Tekanan air 3. Reservoir : Debit sumber yang dibutuhkan
Perubahan	1. Kecepatan 0,6 - 2,5 m/detik - Kecepatan kurang dari 0,6 m/detik a. Diameter pipa diperkecil b. Ditambahkan pompa c. Elevasi hulu pipa hendaknya lebih tinggi (d disesuaikan dengan kondisi di lapangan) - Kecepatan lebih dari 2,5 m/detik a. Diameter pipa diperbesar b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa 2. <i>Headloss Gradient</i> 0 - 15 m/km - <i>Headloss Gradient</i> lebih dari 15 m/km a. Diameter pipa diperbesar b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa 3. Tekanan 10 - 60 mH ₂ O - Tekanan kurang dari 10 mH ₂ O a. Diameter pipa diperbesar b. Ditambahkan pompa c. Pemasangan pipa yang kedua di bagian atas, sebagian atau keseluruhan dari panjang pipa - Tekanan lebih dari 60 mH ₂ O a. Diameter pipa diperkecil b. Ditambahkan bangunan bak pelepas tekan c. Pemasangan Pressure Reducer Valve (PRV)

4.7 Perencanaan Kapasitas *Ground Reservoir*

Berdasarkan hasil simulasi sistem jaringan pipa, pada Simulasi 9 memiliki debit kebutuhan air bersih paling besar sehingga akan digunakan sebagai acuan untuk mendimensi *ground reservoir*. Bangunan ini digunakan agar debit yang dialirkan dari pengolahan air ke saluran pipa transmisi lebih stabil. Debit sumber sangat besar apabila dibandingkan dengan debit kebutuhan yang diperlukan, oleh karena itu debit yang akan ditampung dalam *ground reservoir* hanya sebatas debit untuk pemenuhan kebutuhan air bersih saja.

Data :

$$\text{Volume } \textit{ground reservoir} = p \times l \times t$$

$$\text{Perbandingan dimensi } \textit{ground reservoir} = 3 : 3 : 1$$

(Dep.Kimpraswil, 2002:428)

Misal $p = a$, maka :

$$V = 3a \times 3a \times a$$

$$V = 9a^3$$

$$Q \text{ yang ditampung} = Q \text{ kebutuhan maksimum}$$

$$= 5,36 \text{ lt/detik}$$

$$= 19311,55 \text{ lt/jam}$$

$$= 19,31 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V \textit{ ground reservoir} = p \times l \times t$$

$$= 3a \times 3a \times a$$

$$19,31 \text{ m}^3 = 9a^3$$

$$2,146 \text{ m}^3 = a^3$$

$$1,29 \text{ m} = a$$

Sehingga dimensi *ground reservoir* adalah :

$$p = 3,87 \text{ m}$$

$$l = 3,87 \text{ m}$$

$$t = 1,29 \text{ m}$$

$$w = 1/3 \times t$$

$$= 1/3 \times 1,29 \text{ m}$$

$$= 0,43 \text{ m}$$

Direncanakan tebal dinding adalah 0,3 m.