

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Kebutuhan Air Bersih

Analisa kebutuhan air bersih diproyeksikan selama 10 tahun dari data jumlah penduduk yang tersedia. Tujuannya adalah untuk mengetahui kebutuhan penduduk selama periode tersebut. Langkah perhitungannya sebagai berikut.

4.1.1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk merupakan dasar dari analisa kebutuhan air bersih. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah penduduk antara lain metode Geometrik, Aritmatik dan Eksponensial. Sebelum perhitungan dengan metode tersebut, perlu diketahui data pertumbuhan penduduk. Berikut merupakan data pertumbuhan penduduk pada Kecamatan Sukun.

Tabel 4.1 Data Pertumbuhan Penduduk.

Tahun	Jumlah penduduk	Pertumbuhan penduduk	
		Jiwa	%
2002	15487		
2003	15743	256	1.653
2004	15901	158	1.004
2005	16107	206	1.296
2006	16344	237	1.471
2007	16578	234	1.432
2008	16873	295	1.779
2009	17156	283	1.677
2010	17374	218	1.271
2011	17533	159	0.917
rerata		227	1.389

Sumber: BPS kota Malang dan Kecamatan Sukun

Berdasarkan data pertumbuhan penduduk, dilakukan perhitungan kembali mulai tahun 2002 hingga tahun 2011 yang disebut dengan perhitungan mundur. Nilai angka pertumbuhan penduduk adalah 1,389%. Berikut merupakan perhitungannya dengan tiga metode proyeksi penduduk.

Diketahui data berikut:

- Angka pertumbuhan penduduk (r) = 1,389%
- Tahun proyeksi (n) = 10
- Jumlah penduduk pada tahun akhir tahun (P_n) = 17533
- Angka eksponensial = 2,7183

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dianalisa sebagai berikut.

1. Metode geometrik

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

$$P_{2002} = P_{2011} / (1 + 0,01389)^{10}$$

$$= 17533 / 1,1478$$

$$= 15274$$

2. Metode aritmatik

$$P_n = P_o (1+rn)$$

$$P_{2011} = P_{2002} (1 + 0,01389 \times 10)$$

$$P_{2002} = P_{2011} / (1 + 0,01389 \times 10)$$

$$= 17533 / 1,1388$$

$$= 15395$$

3. Metode eksponensial

$$P_n = P_o \cdot e^{r \cdot n}$$

$$P_{2002} = P_{2011} / (2,71828)^{0,01389 \times 10}$$

$$= 17533 / 1,1489$$

$$= 15259$$

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Mundur Proyeksi Penduduk.

Tahun	Jumlah Penduduk Asli	Jumlah Penduduk (metode)		
		Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
2002	15487	15585	15486	15473
2003	15743	15780	15702	15690
2004	15901	15980	15920	15909
2005	16107	16185	16141	16131
2006	16344	16395	16365	16357
2007	16578	16611	16592	16586
2008	16873	16832	16823	16818
2009	17156	17059	17056	17053
2010	17374	17293	17293	17291
2011	17533	17533	17533	17533
Jumlah	165096	165253	164911	164841

Sumber: Hasil perhitungan

Dalam menentukan metode proyeksi penduduk yang mendekati kebenaran harus dilakukan uji kesesuaian proyeksi berdasarkan standar deviasi dan koefisien korelasi. Berikut merupakan contoh perhitungan uji kesesuaian proyeksi penduduk dengan menggunakan metode aritmatik.

1. Standar deviasi

Standar deviasi dihitung dengan persamaan (2-4) berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

\bar{X} merupakan nilai rata-rata jumlah penduduk metode aritmatik yang didapat dengan cara:

$$\bar{X} = \frac{\text{total penduduk}}{\text{tahun}}$$

$$\bar{X} = \frac{165253}{10} = 16525$$

Hasil dari perhitungan tersebut, selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.3 Perhitungan Standar Deviasi Proyeksi Penduduk.

Tahun	Jumlah Penduduk Metode Aritmatik (Xi)	Rata - rata Penduduk X	Xi-X	((Xi-X)) ²
2002	15585	16525	-940	883193
2003	15780	16525	-745	554990
2004	15980	16525	-545	297284
2005	16185	16525	-340	115857
2006	16395	16525	-130	16951
2007	16611	16525	86	7313
2008	16832	16525	307	94235
2009	17059	16525	534	285612
2010	17293	16525	768	589988
2011	17533	16525	1008	1016624
jumlah	165253	-	-	3862049

Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil tabel 4.3 dan persamaan (2-4) sehingga didapatkan standar deviasi sebagai berikut,

$$S = \sqrt{\frac{3862049}{10-1}} = 655,0698$$

2. Koefisien korelasi

Diketahui data perhitungan seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Perhitungan Koefisien Korelasi.

Tahun	Jumlah Penduduk		$(X_i) \times (Y_i)$	$(X_i)^2$	$(Y_i)^2$
	Data (X_i)	Aritmatik (Y_i)			
2002	15487	15585	241368246	239847169	242898969
2003	15743	15780	248424909	247842049	249009139
2004	15901	15980	254094197	252841801	255352796
2005	16107	16185	260685707	259435449	261941990
2006	16344	16395	267956657	267126336	268789558
2007	16578	16611	275369107	274830084	275909187
2008	16873	16832	284005965	284698129	283315483
2009	17156	17059	292671527	294328336	291024045
2010	17374	17293	300450439	301855876	299051547
2011	17533	17533	307415830	307415829.6	307415830
jumlah	165096	165253	2732442583	2730221059	2734708545

Sumber: Hasil perhitungan

“ X_i ” merupakan data jumlah penduduk asli dan “ Y_i ” merupakan data jumlah penduduk hasil proyeksi. Untuk menghitung koefisien korelasi digunakan persamaan (2-5) berikut.

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \cdot \left(n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}}$$

$$r = \frac{(10 \times 2732442583) - (165096 \times 165253)}{\sqrt{(10 \times 2730221059 - (165096)^2) \times (10 \times 2734708545 - (165253)^2)}}$$

$$r = \frac{41816542}{41880832,57} = 0,9984$$

Dengan cara yang sama, didapatkan hasil nilai standar deviasi dan koefisien korelasi metode geometrik dan eksponensial. Berikut merupakan tabel hasil rekapitulasi uji kesesuaian proyeksi penduduk.

Tabel 4.5 Uji kesesuaian proyeksi penduduk

No.	Uji kesesuaian	Metode		
		geometrik	aritmatik	eksponensial
1	Standar deviasi	688.541	655.070	693.020
2	Koefisien korelasi	0.9983	0.9984	0.9983

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan perhitungan uji kesesuaian proyeksi penduduk, metode aritmatik yang mendekati kebenaran karena memiliki standar deviasi terkecil dan koefisien

korelasi mendekati 1. Metode tersebut akan digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk selama 13 tahun. Perlu diperhatikan bahwa dalam studi ini hanya terbatas pada lingkup wilayah studi yang lebih kecil, yaitu kelurahan. Mengingat data yang kurang lengkap pada wilayah studi, maka proyeksi penduduk disesuaikan dengan data yang tersedia. Jadi dalam hal ini, proyeksi penduduk menggunakan angka pertumbuhan dari kelurahan untuk diproyeksikan pada wilayah studi.

Studi ini terfokus pada kelurahan Bandulan. Dari kelurahan tersebut didapatkan data yang selanjutnya dilakukan perhitungan. Berikut merupakan hasil proyeksi penduduk selama 13 tahun.

Tabel 4.6 Proyeksi penduduk metode aritmatik

No.	Tahun	Jumlah penduduk
1	2011	17533
2	2012	17777
3	2013	18020
4	2014	18264
5	2015	18507
6	2016	18751
7	2017	18994
8	2018	19238
9	2019	19481
10	2020	19725
11	2021	19968
12	2022	20212
13	2023	20455

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.5. dapat diketahui bahwa untuk proyeksi penduduk selama 13 tahun jumlah penduduknya sebanyak 20455 jiwa penduduk yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan air bersih.

4.1.2. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih wilayah studi dapat dianalisa sebagai berikut.

1. Parameter yang ditetapkan

Parameter ini merupakan tetapan dan merupakan data untuk dasar perhitungan.

a. Faktor pemakaian:

- kebutuhan harian maksimum = 1,15
- kebutuhan jam puncak = 1,56

b. Tingkat kehilangan air akibat kebocoran sebesar 15%

c. Kebutuhan domestik di daerah pelayanan adalah 90 liter/jiwa/hari. Nilai ini diambil berdasarkan tabel 2.1 untuk kota besar dengan penduduk kurang lebih 1.000.000 jiwa.

d. Kebutuhan non domestik

Kebutuhan non domestik dapat ditentukan dengan menghitung kebutuhan per sarana atau dengan menentukan persentase kebutuhan tersebut sesuai dengan Permen PU tentang pengembangan SPAM. Akan tetapi, dalam perencanaan pengembangan jaringan pada daerah studi tidak ada sarana umum baru. Oleh karena itu kebutuhan non domestik dimasukkan dalam kondisi existing.

2. Jumlah penduduk dan tingkat pelayanan.

a. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2023 adalah 20455 jiwa penduduk

b. Tingkat pelayanan 100%

Persentase ini didasarkan pada kemampuan debit yang tersedia.

c. Jumlah penduduk berdasarkan tingkat pelayanan

$$= 100\% \times 20455$$

$$= 20455 \text{ jiwa penduduk}$$

3. Kebutuhan air bersih

a. Kebutuhan domestik

= jumlah penduduk terlayani x kebutuhan air bersih daerah layanan

$$= \frac{20455 \times 90}{86400} = 21,31 \text{ liter/det}$$

b. Kebutuhan non domestik

= 15% x kebutuhan domestik

$$= 0,15 \times 21,31$$

$$= 3,20 \text{ liter/det}$$

c. Kehilangan air akibat kebocoran

= 15 % x (kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik)

$$= 0,15 \times (21,31 + 3,20)$$

$$= 3,68 \text{ liter/det}$$

d. Kebutuhan air rata-rata (dengan kebocoran 15%)

= kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik + kehilangan air akibat kebocoran

$$= 21,31 + 3,20 + 3,68$$

$$= 28,18 \text{ liter/det}$$

- e. Kebutuhan harian maksimum
= kebutuhan air rata-rata x 1,15
= 28,18 x 1,15
= 31,41 liter/det
- f. Kebutuhan jam puncak
= kebutuhan air rata-rata x 1,56
= 28,18 x 1,56
= 43,96 liter/det
- g. Debit yang dihasilkan
= 31 liter/detik
= 2678400 liter/hari
- h. Volume Air
= 2678,4 m³/hari

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan air bersih akan tersajikan pada tabel berikut.





Tabel 4.7 Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Per Tahun





Gambar 4.1 Grafik kebutuhan air bersih penduduk

Sumber: Hasil perhitungan

Dari perhitungan yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa untuk tahun 2023 debit yang tersedia (31 liter/detik) masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penduduk pada wilayah studi. Sehingga alternatif-alternatif untuk menambah debit tersedia masih belum dibutuhkan.

4.2. Kebutuhan Air Daerah Layanan Pada Kondisi Existing

Daerah layanan yang terdapat pada kondisi *existing* ada 20 (dua puluh) Zona. Berikut merupakan gambaran kondisi *existing*.



Gambar 4.2 Zona Pelayanan Existing pada daerah studi

Sumber: Google earth

Dalam sebuah perencanaan pengembangan perlu diadakan evaluasi terlebih dahulu. Berikut merupakan hasil perhitungan evaluasi dari kondisi *existing*.

Contoh perhitungan pada Zona Existing 1

Diketahui data berikut:

- Jumlah pelanggan = 1416 SR
= 7080 Orang
- Kebutuhan air bersih = 90 liter/orang/hari
= 0,001 liter/Orang/detik
= Jumlah Penduduk X Kebutuhan per orang (l/dt)
= 7080 x 0.001
= 7,375 l/dt

Tabel 4.8 Pembagian Daerah Layanan dan Kebutuhan Air Bersih Kondisi *Existing*.

Zona Layanan	Jumlah Pelanggan (SR)	Jumlah Pelanggan (org)	Kebutuhan Air Bersih		
			Liter/Hari	Liter/Detik	Liter/Detik
Zona Existing 1	65	325	90	0,001	0,339
Zona Existing 2	30	150	90	0,001	0,156
Zona Existing 3	20	100	90	0,001	0,104
Zona Existing 4	53	265	90	0,001	0,276
Zona Existing 5	32	160	90	0,001	0,167
Zona Existing 6	49	245	90	0,001	0,255
Zona Existing 7	19	95	90	0,001	0,099
Zona Existing 8	35	175	90	0,001	0,182
Zona Existing 9	47	235	90	0,001	0,245
Zona Existing 10	62	310	90	0,001	0,323
Zona Existing 11	116	580	90	0,001	0,604
Zona Existing 12	70	350	90	0,001	0,365
Zona Existing 13	160	800	90	0,001	0,833
Zona Existing 14	66	330	90	0,001	0,344
Zona Existing 15	130	650	90	0,001	0,677
Zona Existing 16	62	310	90	0,001	0,323
Zona Existing 17	139	695	90	0,001	0,724
Zona Existing 18	36	180	90	0,001	0,188
Zona Existing 19	120	600	90	0,001	0,625
Zona Existing 20	105	525	90	0,001	0,547
Jumlah	1416	7080			7,375

Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas kebutuhan daerah layanan terbesar terdapat pada zona 13 dan sebaliknya untuk kebutuhan daerah layanan terkecil terdapat pada zona 7.

4.2.1. Perhitungan Pertambahan Umur Pipa

Dengan menggunakan persamaan *Colebrook* dan *White* kekasaran pipa bertambah secara linier dengan umurnya dan ditunjukkan dengan rumus:

$$k_t = k_o + \alpha t$$

dengan : k_t = kekasaran pipa setelah t tahun

k_o = kekasaran pipa baru

α = pertumbuhan kekasaran pipa

t = jumlah tahun

Nilai α didapat dari percobaan yang dilakukan untuk interval waktu tertentu.

Dari persamaan diatas dilakukan percobaan sebagai berikut:

dari data *existing* pada studi ini didapat Pipa -1:

$$Q = 4,1 \text{ l/dt} = 0,0041 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$D = 0,10 \text{ m}$$

$$h_f = 0,1 \text{ m/km}$$

$$C_{HW} = 150 \text{ (PVC - Hazen William)}$$

$$V = 0,1 \text{ m/dt}$$

$$v_{\text{air}} = 1,12 \times 10^{-6}$$

$$L = 399,11 \text{ m}$$

penyelesaian:

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

$$= \frac{0,1 \times 0,1}{1,12 \times 10^{-6}}$$

$$= 8264,463 = 8,264 \times 10^3$$

$$f = \frac{h_f D 2g}{LV^2}$$

$$= \frac{0,1 \times 0,1 \times 2 \times 9,81}{399,11 \times 0,1^2}$$

$$= 0,04916$$

Dengan menggunakan persamaan *Hazen-Williams*:

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

$$k_{HW} = \frac{10,67 L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

$$k_{HW} = \frac{10,67 \times 399,11}{150^{1,85} \cdot 0,1^{4,87}}$$

$$k_{HW} = 2,983 \times 10^4$$

$$h_f = 2,983 \times 10^4 \times 0,0041^{1,85}$$

$$= \underline{1,15987}$$

Dari persamaan diatas didapat rumus:

$$k_{HW} = \frac{10,67 x L}{C_{HW}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \rightarrow C_{HW}^{1,85} = \frac{10,67 x L}{K_{HW} \cdot D^{4,87}}$$

$$C_{HW} = \left(\frac{10,67 x 399,11}{2,983 x 10^4 x 0,1^{4,87}} \right)^{\frac{1}{1,85}}$$

$$C_{HW} = 150$$

Dengan menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach*:

$$h_f = f \frac{LV^2}{2gD}$$

$$h_f = f \frac{L}{2gD} \frac{Q^2}{\left(\frac{1}{4} 3,14 x D^2\right)^2}$$

$$= f \frac{16LQ^2}{2g3,14 x D^5}$$

$$= f \frac{16L}{2g3,14 x D^5} \rightarrow k_{DW}$$

$$h_f = k_{DW} x Q^2$$

$$k_{DW} = 1,840 x 10^4$$

$$h_f = 1,840 x 10^4 x 0,0041^2$$

$$= 0,31400$$

Apabila mencari kekasaran *Darcy-Weisbach* dengan menggunakan k_{HW} menjadi:

$$k_{DW} x Q^2 = k_{HW} x Q^{1,85}$$

$$\frac{k_{DW}}{k_{HW}} = \frac{Q^{1,85}}{Q^2} = Q^{-0,15}$$

$$k_{DW} = Q^{-0,15} x k_{HW}$$

$$k_{DW} = 0,0041^{-0,15} x 2,983 x 10^4$$

$$= 6,797 x 10^4$$

$$\text{Jadi } \frac{k_{DW}}{k_{HW}} = Q^{-0,15} = \frac{6,797 x 10^4}{2,983 x 10^4} = 0,0041^{-0,15}$$

$$2,2782 = 2,2782 \rightarrow \text{OK}$$

Untuk kehilangan tenaga setelah pipa dipakai selama 11 tahun dengan debit 4,2 l/dt

$$Q = 4,2 \text{ l/dt} = 0,0042 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$A = 0,00785 \text{ m}^2$$

$$k_o = 0,0000025 \text{ m} \rightarrow \text{diagram Moody}$$

Penyelesaian:

Dengan grafik moody untuk nilai Re dan f , di dapat $k_s = 0,0225$

$$k_s = k_s \times D$$

$$k_s = 0,0225 \times 0,1$$

$$= 0,00225$$

$$k_s = k_0 + 5 \alpha$$

$$\alpha = \frac{k_s - k_0}{5}$$

$$= \frac{0,00225 - 0,0000025}{5}$$

$$= 0,00045 \text{ m/tahun}$$

Tinggi kekasaran pipa setelah berfungsi 11 tahun:

$$k_{11} = k_0 + 11 \alpha$$

$$k_{11} = 0,0000025 + 11 \times 0,00045$$

$$= 0,00495$$

$$\frac{k_{11}}{D} = \frac{0,00495}{0,1}$$

$$= 0,049$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= 0,535 \text{ m/dt}$$

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

$$= \frac{0,535 \times 0,1}{1,12 \times 10^{-6}}$$

$$= 44217,508 = 4,42175 \times 10^4$$

Berdasarkan nilai Re dan Ko/D dan dengan menggunakan grafik *Moody* didapat nilai f

= 0,0213 kehilangan tenaga:

$$h_f = f \frac{LV^2}{D 2g}$$

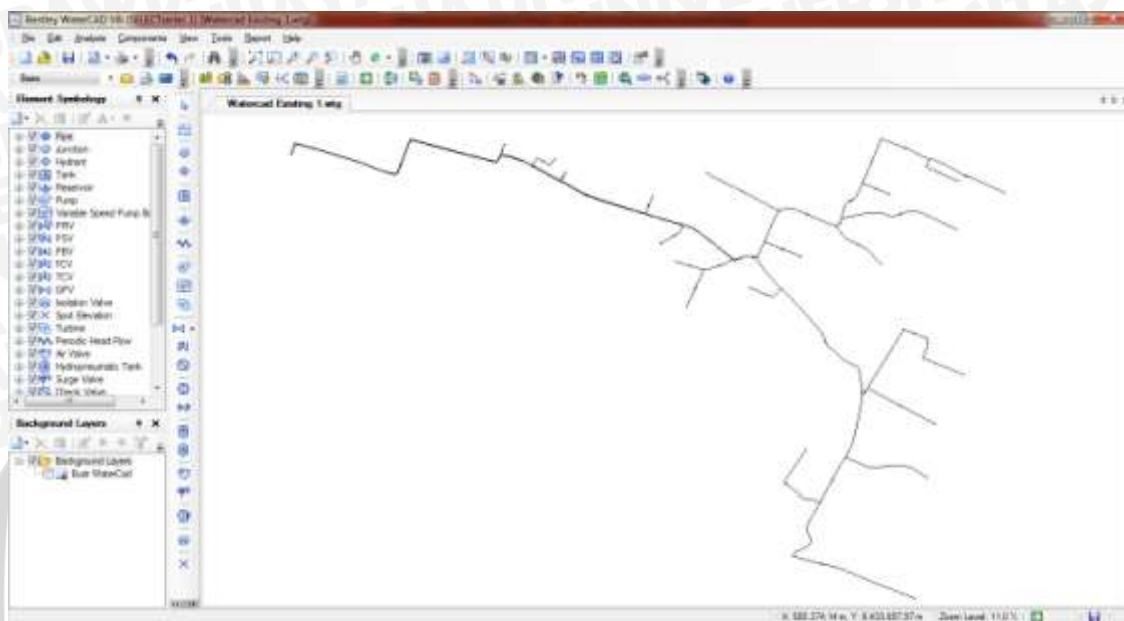
$$h_f = 0,0213 \frac{L \cdot 0,535^2}{0,1 \cdot 2 \times 9,81}$$

$$= 1,2403 \text{ m}$$

4.2.2. Analisa Hidrolik Jaringan Pipa Pada Kondisi *Existing*

Analisa hidrolik dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran yang terdapat didalam pipa.

Berikut merupakan contoh perhitungan perencanaan jaringan pipa distribusi sebagai bagian dari skema jaringan *existing*.



Gambar 4.3 Skema Jaringan *Existing*

Sumber: Program WaterCad

4.2.3. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

Dalam perencanaan sistem jaringan perpipaan, aliran yang terdapat dalam pipa harus berada pada kondisi turbulen. Maka dari itu dalam sistem jaringan perpipaan kondisi *existing* juga harus dalam keadaan demikian. Untuk mengetahui kondisi aliran dalam pipa, maka diperlukan beberapa metode berikut:

1. Kehilangan tinggi tekan mayor

Kehilangan tinggi tekan pada pipa akibat gesekan (*major losses*), dapat dihitung dengan persamaan (2-14) dan (2-15). Pada studi ini didesain menggunakan perencanaan sesuai dengan data berikut:

- Debit (Q) = 0,004557 m³/det
- Panjang pipa (L) = 318,88 m
- Koefisien kekasaran pipa (Chw) = 150 (pipa PVC)
- Diameter pipa (D) = 0,15 m (5,91")

Dari data tersebut sehingga didapatkan,

$$\bullet k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

$$k = \frac{10,67 \cdot (318,88)}{150^{1,85} \cdot 0,15^{4,87}}$$

$$k = 3299,58$$

sehingga dari nilai tersebut, dengan menggunakan persamaan (2-15) didapatkan kehilangan tinggi tekan mayor sebagai berikut:

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

$$h_f = (3299,58) \cdot 0,004557^{1,85}$$

$$h_f = 0,1538 \text{ m}$$

2. Kehilangan tinggi tekan minor

Dalam menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan minor dapat menggunakan persamaan (2-16) sebagai berikut:

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

Pada studi ini kehilangan tinggi tekan minor disebabkan oleh 3 (tiga) faktor, yaitu: pada *inlet*, belokan, dan pada *outlet*. Direncanakan menggunakan pipa sesuai dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Debit (Q) = 0,004557 m³/det
- Diameter pipa (D) = 0,15 m (5,91")

Koefisien kehilangan tinggi tekan minor disesuaikan dengan bentuk pipa. Berikut merupakan analisa perhitungannya.

- $A = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,15^2$

$$A = 0,0177 \text{ m}^2$$

- $v = \frac{0,004557}{0,0177}$

$$v = 0,2575 \text{ m/det}$$

Sehingga dengan g sebesar 9,81 m/detik² didapatkan:

- a. pipa *inlet*, dengan k = 0,5 (*bell mounth*)

$$h_{Lm} = 0,5 \times \left(\frac{0,2575^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$h_{lm} = 0,00169 \text{ m}$$

- b. akibat belokan, dengan k = 0,8 (belokan 90°)

$$h_{Lm} = 0,8x\left(\frac{0,2575^2}{2x9,81}\right)$$

$$h_{lm} = 0,0027 \text{ m}$$

c. pipa *outlet*, $k = 1$ (ujung keluar pipa)

$$h_{Lm} = 1x\left(\frac{0,2575^2}{2x9,81}\right)$$

$$h_{lm} = 0,00338 \text{ m}$$

Didapatkan total kehilangan tinggi tekan (*minor losses*) sebesar 0,0777 m

4.2.4. Hasil Simulasi Jaringan Perpipaan Kondisi *Existing*

Simulasi jaringan perpipaan menggunakan program *waterCAD ver 8 XM edition*. Program ini berisi tentang cara menganalisis jaringan perpipaan dari komponen perpipaan yang direncanakan. Dengan menggunakan program ini, maka kita dapat mengetahui berhasil tidaknya kondisi jaringan yang direncanakan. Sehingga kesimpulan terkait hasil sebuah perencanaan jaringan perpipaan menjadi tepat guna.

Komponen perpipaan yang digunakan dalam simulasi ini meliputi tandon, pipa dan *junction*. Pengaliran air untuk distribusi ke daerah layanan (*junction*) dilakukan secara gravitasi. Jumlah konsumen disesuaikan dengan jumlah proyeksi penduduk pada tahun 2023. Besarnya pembebanan kebutuhan air tiap *junction* yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan *junction* hanya disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam.

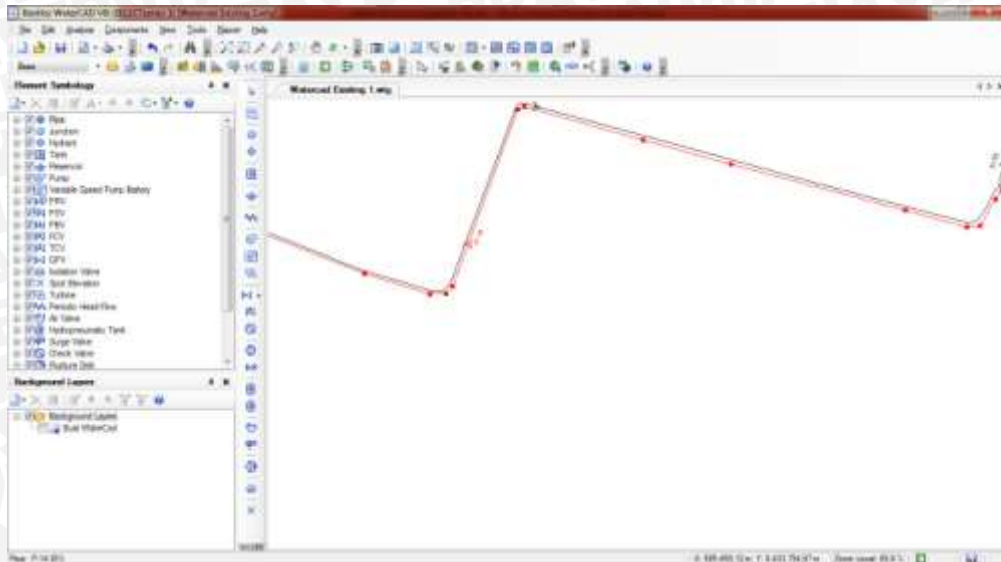
Pada Gambar 4.3 diatas merupakan skema jaringan perpipaan pada kondisi *existing*. Pada jaringan tersebut dapat diketahui memenuhi syarat jika data yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Tekanan yang terdapat pada titik simpul (*junction*) 0,5 – 8 atm.
- Kecepatan yang terdapat pada pipa 0,3 – 4,5 m/dt.
- Kemiringan garis hidrolis (*headloss gradien*) 0 – 15 m/km.

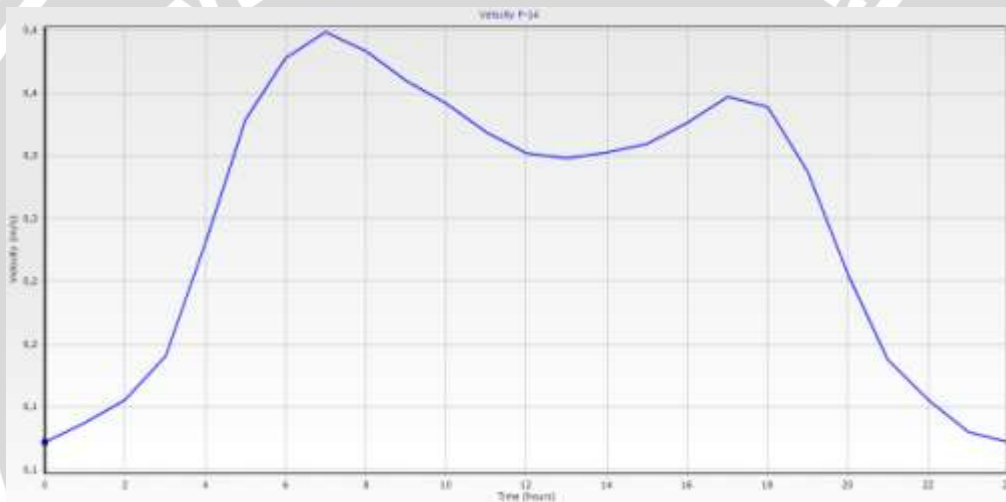
1. Hasil Simulasi Pada Jaringan Pipa

Pada jaringan pipa *existing* terdapat data pendukung seperti jenis pipa dan diameter pipa yang digunakan. Berikut perincian data pendukung jaringan pipa;

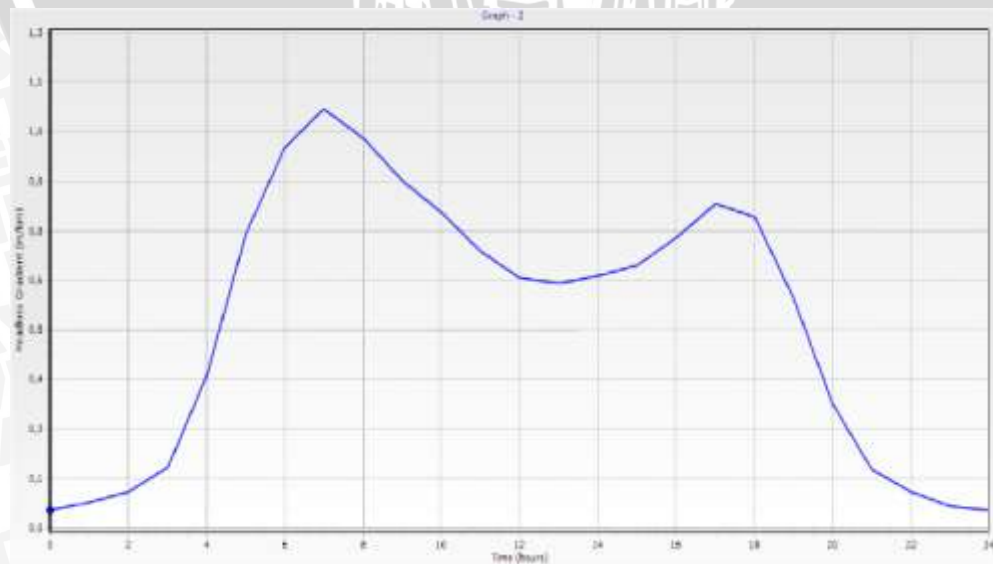
- Menggunakan pipa PVC dari tandon ke daerah layanan (*junction*).
- Diameter pipa PVC disesuaikan dengan kebutuhan daerah layanan. Yaitu mulai diameter 1 inci sampai diameter 6 inci.



Gambar 4.4 Skema Jaringan *Existing* Pipa - 14.
 Sumber: Program *WaterCad*



Gambar 4.5 Grafik kecepatan pada Pipa – 14
 Sumber: Program *WaterCad*



Gambar 4.6 Grafik kemiringan garis pada Pipa – 14
 Sumber: Program *WaterCad*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *waterCAD ver 8 XM edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut.

- Kemiringan garis hidrolis pada kondisi jam minimum dan jam puncak tetap memenuhi kriteria yang ditentukan, yaitu berada pada level 0 m/km (pukul 00.00) sampai dengan 1 m/km (pukul 06.00).
- Kecepatan yang terjadi pada simulasi jaringan perpipaan berkisar antara 0,1 m/dtk sampai dengan 0,4 m/dtk. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 06.00 sebesar 0,4 m/dtk dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,1 m/dtk.

Pada pukul 00.00 ada kecepatan pada beberapa pipa yang tidak memenuhi syarat karena kecepatan kurang dari 0,3 m/dtk. Akan tetapi hal tersebut masih bisa ditoleransi mengingat pada pukul tersebut mayoritas penduduk tidak melakukan aktivitas.

Tabel 4.9 Tabel Simulasi Jaringan Pipa *Existing* Pada Pukul 00.00

Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (m)	Material	Hazen Williams	Velocity (m/s)	Kontrol (0,3 ≤ v ≤ 4,5)	Headloss Gradient (m/km)	Kontrol (0 ≤ hf ≤ 15)
Pipa-1	399,11	R-1	J-1	0,100	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-2	12,22	J-1	J-2	0,025	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-3	322,86	J-1	J-3	0,100	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-4	47,42	J-3	J-4	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,500	Ya
Pipa-5	174,57	J-3	J-5	0,100	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-6	10,60	J-5	J-6	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,500	Ya
Pipa-7	96,61	J-6	J-7	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-8	204,54	J-6	J-9	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-9	86,56	J-5	J-8	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-10	108,87	J-9	J-10	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-11	66,91	J-9	J-11	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-12	106,22	J-11	J-12	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,400	Ya
Pipa-13	248,80	J-11	J-13	0,050	PVC	150	0,000	Tidak	0,100	Ya
Pipa-14	318,88	R-1	J-14	0,150	PVC	150	0,100	Tidak	0,000	Ya
Pipa-15	17,82	J-14	J-15	0,050	PVC	150	0,000	Tidak	0,100	Ya
Pipa-16	37,51	J-14	J-16	0,150	PVC	150	0,100	Tidak	0,000	Ya
Pipa-17	41,82	J-16	J-17	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-18	156,57	J-16	J-18	0,150	PVC	150	0,100	Tidak	0,000	Ya
Pipa-19	25,18	J-18	J-19	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-20	49,77	J-18	J-20	0,150	PVC	150	0,100	Tidak	0,000	Ya
Pipa-21	38,04	J-20	J-21	0,025	PVC	150	0,100	Tidak	0,600	Ya
Pipa-22	76,19	J-20	J-22	0,150	PVC	150	0,100	Tidak	0,000	Ya
Pipa-23	38,59	J-22	J-23	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-24	37,00	J-23	J-24	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-25	52,41	J-23	J-25	0,025	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-26	53,81	J-22	J-26	0,100	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-27	49,35	J-26	J-27	0,030	PVC	150	0,100	Tidak	0,300	Ya
Pipa-28	44,00	J-26	J-28	0,100	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-29	103,24	J-28	J-29	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,300	Ya
Pipa-30	76,38	J-28	J-30	0,075	PVC	150	0,200	Tidak	0,400	Ya
Pipa-31	75,89	J-30	J-31	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-32	13,72	J-30	J-32	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,300	Ya
Pipa-33	151,53	J-32	J-33	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-34	54,22	J-32	J-34	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-35	37,60	J-34	J-35	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,300	Ya
Pipa-36	61,90	J-34	J-36	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-37	66,05	J-36	J-37	0,075	PVC	150	0,100	Tidak	0,100	Ya
Pipa-38	55,28	J-37	J-38	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya
Pipa-39	104,08	J-37	J-39	0,050	PVC	150	0,100	Tidak	0,200	Ya

Sumber: Program *WaterCad*

Tabel 4.10 Tabel Simulasi Jaringan Pipa *Existing* Pada Pukul 06.00

Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (m)	Material	Hazen Williams	Velocity (m/s)	Kontrol (0,3 ≤ v ≤ 4,5)	Headloss Gradient (m/km)	Kontrol (0 ≤ hf ≤ 15)
Pipa-1	399,11	R-1	J-1	0,100	PVC	150	0,500	Ya	2,800	Ya
Pipa-2	12,22	J-1	J-2	0,025	PVC	150	0,300	Ya	5,400	Ya
Pipa-3	322,86	J-1	J-3	0,100	PVC	150	0,500	Ya	2,700	Ya
Pipa-4	47,42	J-3	J-4	0,050	PVC	150	0,500	Ya	10,900	Ya
Pipa-5	174,57	J-3	J-5	0,100	PVC	150	0,500	Ya	2,200	Ya
Pipa-6	10,60	J-5	J-6	0,050	PVC	150	0,700	Ya	10,600	Ya
Pipa-7	96,61	J-6	J-7	0,050	PVC	150	0,400	Ya	4,500	Ya
Pipa-8	204,54	J-6	J-9	0,075	PVC	150	0,500	Ya	4,800	Ya
Pipa-9	86,56	J-5	J-8	0,050	PVC	150	0,500	Ya	3,800	Ya
Pipa-10	108,87	J-9	J-10	0,050	PVC	150	0,300	Ya	1,900	Ya
Pipa-11	66,91	J-9	J-11	0,075	PVC	150	0,400	Ya	2,300	Ya
Pipa-12	106,22	J-11	J-12	0,050	PVC	150	0,600	Ya	8,700	Ya
Pipa-13	248,80	J-11	J-13	0,050	PVC	150	0,300	Ya	1,700	Ya
Pipa-14	318,88	R-1	J-14	0,150	PVC	150	0,400	Ya	1,000	Ya
Pipa-15	17,82	J-14	J-15	0,050	PVC	150	0,300	Ya	1,600	Ya
Pipa-16	37,51	J-14	J-16	0,150	PVC	150	0,300	Ya	0,800	Ya
Pipa-17	41,82	J-16	J-17	0,050	PVC	150	0,300	Ya	4,700	Ya
Pipa-18	156,57	J-16	J-18	0,150	PVC	150	0,300	Ya	0,800	Ya
Pipa-19	25,18	J-18	J-19	0,050	PVC	150	0,300	Ya	3,300	Ya
Pipa-20	49,77	J-18	J-20	0,150	PVC	150	0,300	Ya	0,700	Ya
Pipa-21	38,04	J-20	J-21	0,025	PVC	150	0,500	Ya	13,000	Ya
Pipa-22	76,19	J-20	J-22	0,150	PVC	150	0,300	Ya	0,600	Ya
Pipa-23	38,59	J-22	J-23	0,050	PVC	150	0,400	Ya	5,300	Ya
Pipa-24	37,00	J-23	J-24	0,050	PVC	150	0,300	Ya	2,900	Ya
Pipa-25	52,41	J-23	J-25	0,025	PVC	150	0,300	Ya	4,900	Ya
Pipa-26	53,81	J-22	J-26	0,100	PVC	150	0,600	Ya	3,700	Ya
Pipa-27	49,35	J-26	J-27	0,050	PVC	150	0,400	Ya	6,300	Ya
Pipa-28	44,00	J-26	J-28	0,100	PVC	150	0,600	Ya	3,400	Ya
Pipa-29	103,24	J-28	J-29	0,050	PVC	150	0,500	Ya	5,900	Ya
Pipa-30	76,38	J-28	J-30	0,075	PVC	150	0,800	Ya	8,600	Ya
Pipa-31	75,89	J-30	J-31	0,050	PVC	150	0,400	Ya	4,500	Ya
Pipa-32	13,72	J-30	J-32	0,075	PVC	150	0,700	Ya	6,600	Ya
Pipa-33	151,53	J-32	J-33	0,075	PVC	150	0,400	Ya	2,800	Ya
Pipa-34	54,22	J-32	J-34	0,075	PVC	150	0,500	Ya	3,000	Ya
Pipa-35	37,60	J-34	J-35	0,050	PVC	150	0,400	Ya	6,600	Ya
Pipa-36	61,90	J-34	J-36	0,075	PVC	150	0,400	Ya	2,300	Ya
Pipa-37	66,05	J-36	J-37	0,075	PVC	150	0,400	Ya	2,300	Ya
Pipa-38	55,28	J-37	J-38	0,050	PVC	150	0,500	Ya	5,100	Ya
Pipa-39	104,08	J-37	J-39	0,050	PVC	150	0,400	Ya	4,000	Ya

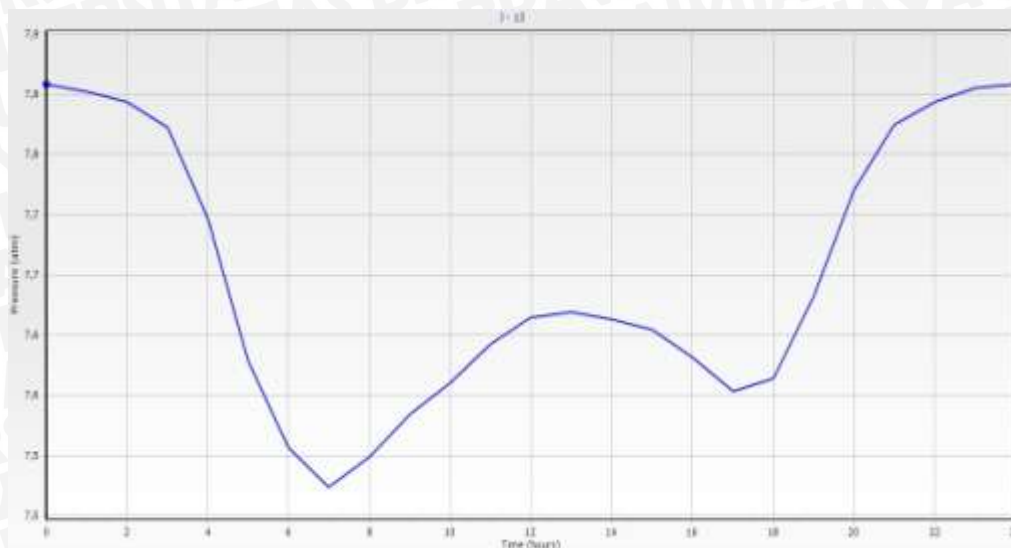
Sumber: Program *WaterCad*

2. Hasil simulasi pada *junction*

Tekanan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Letak dan besarnya kebutuhan air tiap *junction* ditentukan sebagai berikut.

- Daerah layanan atau zona dibagi menjadi 20 (dua puluh) daerah layanan dan tiap daerah layanan diwakili oleh satu *junction*.
- Lokasi *junction* berada pada titik terjauh dari blok pelayanan.
- Besarnya kebutuhan ditentukan berdasarkan banyaknya penduduk atau jumlah KK yang akan dilayani.
- Pada kondisi *existing*, terdapat *junction* pembagi yang berfungsi membagi air pada percabangan. Sehingga debit hanya meliwati *junction* tersebut.

Berikut merupakan hasil simulasi dari titik simpul (*junction*).



Gambar 4.7 Grafik fluktuasi tekanan pada Junction – 13

Sumber: Program *WaterCad*Tabel 4.11 Tabel Simulasi *Junction* Pada Pukul 00.00

Label	Elevation (m)	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol ($1 \leq P \leq 8$)
J-1	506,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,95	3,9	OK
J-2	505,00	<Collection: 1 item>	0,029	545,94	4,0	OK
J-3	471,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,91	7,2	OK
J-4	470,00	<Collection: 1 item>	0,069	545,88	7,3	OK
J-5	465,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,89	7,8	OK
J-6	465,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,88	7,8	OK
J-7	464,00	<Collection: 1 item>	0,090	545,86	7,9	OK
J-8	465,00	<Collection: 1 item>	0,169	545,84	7,8	OK
J-9	466,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,87	7,7	OK
J-10	466,00	<Collection: 1 item>	0,103	545,86	7,7	OK
J-11	464,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,87	7,9	OK
J-12	465,00	<Collection: 1 item>	0,233	545,82	7,8	OK
J-13	465,00	<Collection: 1 item>	0,096	545,85	7,8	OK
J-14	525,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,99	2,0	OK
J-15	524,00	<Collection: 1 item>	0,095	545,98	2,1	OK
J-16	518,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,98	2,7	OK
J-17	517,00	<Collection: 1 item>	0,044	545,98	2,8	OK
J-18	485,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,98	5,9	OK
J-19	484,00	<Collection: 1 item>	0,077	545,97	6,0	OK
J-20	482,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,98	6,2	OK
J-21	480,00	<Collection: 1 item>	0,047	545,95	6,4	OK
J-22	487,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,97	5,7	OK
J-23	476,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,97	6,8	OK
J-24	474,00	<Collection: 1 item>	0,071	545,96	7,0	OK
J-25	470,00	<Collection: 1 item>	0,028	545,95	7,3	OK
J-26	478,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,97	6,6	OK
J-27	474,00	<Collection: 1 item>	0,051	545,95	6,9	OK
J-28	481,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,96	6,3	OK
J-29	470,00	<Collection: 1 item>	0,190	545,93	7,3	OK
J-30	471,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,93	7,2	OK
J-31	465,00	<Collection: 1 item>	0,090	545,91	7,8	OK
J-32	470,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,92	7,3	OK
J-33	470,00	<Collection: 1 item>	0,203	545,9	7,3	OK
J-34	470,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,92	7,3	OK
J-35	469,00	<Collection: 1 item>	0,053	545,9	7,4	OK
J-36	468,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,91	7,5	OK
J-37	465,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,9	7,8	OK
J-38	464,00	<Collection: 1 item>	0,175	545,89	7,9	OK
J-39	465,00	<Collection: 1 item>	0,153	545,88	7,8	OK

Sumber : Program *WaterCad*

Tabel 4.12 Tabel Simulasi *Junction* Pada Pukul 06.00

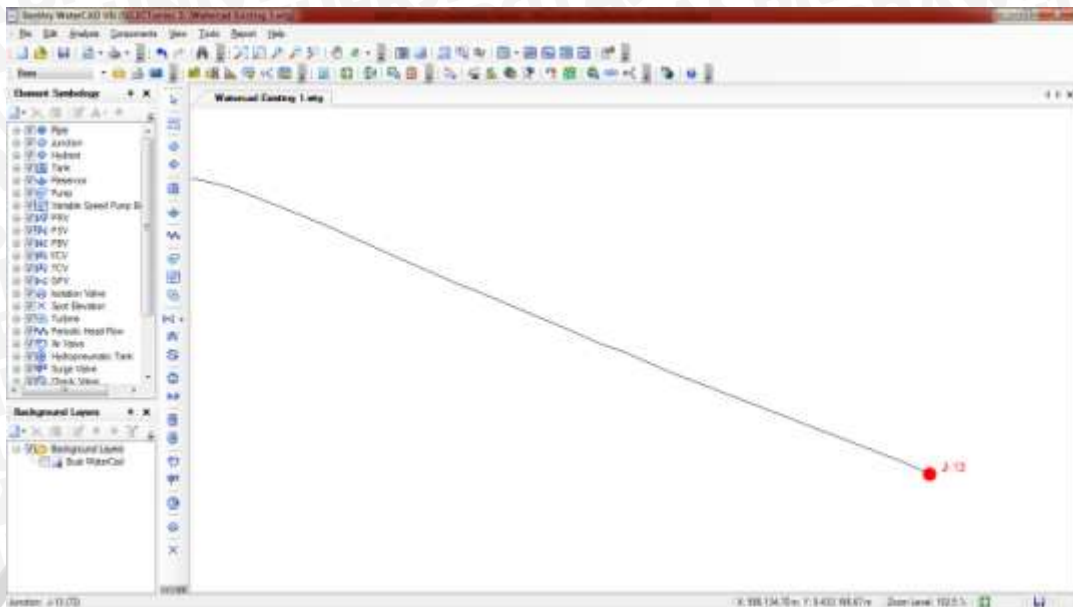
Label	Elevation (m)	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol ($1 \leq P \leq 8$)
J-1	506,00	<Collection: 0 items>	0,000	544,86	3,8	OK
J-2	505,00	<Collection: 1 item>	0,152	544,80	3,8	OK
J-3	471,00	<Collection: 0 items>	0,000	544,01	7,1	OK
J-4	470,00	<Collection: 1 item>	0,359	543,49	7,1	OK
J-5	465,00	<Collection: 0 items>	0,000	543,62	7,6	OK
J-6	465,00	<Collection: 0 items>	0,000	543,51	7,6	OK
J-7	464,00	<Collection: 1 item>	0,473	543,08	7,6	OK
J-8	465,00	<Collection: 1 item>	0,885	542,53	7,5	OK
J-9	466,00	<Collection: 0 items>	0,000	543,29	7,5	OK
J-10	466,00	<Collection: 1 item>	0,538	543,08	7,4	OK
J-11	464,00	<Collection: 0 items>	0,000	543,14	7,6	OK
J-12	465,00	<Collection: 1 item>	1,220	542,22	7,5	OK
J-13	465,00	<Collection: 1 item>	0,504	542,72	7,5	OK
J-14	525,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,69	2,0	OK
J-15	524,00	<Collection: 1 item>	0,497	545,66	2,1	OK
J-16	518,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,66	2,7	OK
J-17	517,00	<Collection: 1 item>	0,229	545,47	2,7	OK
J-18	485,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,54	5,8	OK
J-19	484,00	<Collection: 1 item>	0,404	545,46	5,9	OK
J-20	482,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,51	6,1	OK
J-21	480,00	<Collection: 1 item>	0,245	545,01	6,3	OK
J-22	487,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,46	5,6	OK
J-23	476,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,26	6,7	OK
J-24	474,00	<Collection: 1 item>	0,374	545,15	6,9	OK
J-25	470,00	<Collection: 1 item>	0,145	545	7,2	OK
J-26	478,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,26	6,5	OK
J-27	474,00	<Collection: 1 item>	0,267	544,95	6,9	OK
J-28	481,00	<Collection: 0 items>	0,000	545,11	6,2	OK
J-29	470,00	<Collection: 1 item>	0,992	544,5	7,2	OK
J-30	471,00	<Collection: 0 items>	0,000	544,45	7,1	OK
J-31	465,00	<Collection: 1 item>	0,473	544,11	7,6	OK
J-32	470,00	<Collection: 0 items>	0,000	544,36	7,2	OK
J-33	470,00	<Collection: 1 item>	1,061	543,94	7,1	OK
J-34	470,00	<Collection: 0 items>	0,000	544,2	7,2	OK
J-35	469,00	<Collection: 1 item>	0,275	543,95	7,2	OK
J-36	468,00	<Collection: 0 items>	0,000	544,06	7,3	OK
J-37	465,00	<Collection: 0 items>	0,000	543,91	7,6	OK
J-38	464,00	<Collection: 1 item>	0,916	543,63	7,7	OK
J-39	465,00	<Collection: 1 item>	0,801	543,49	7,6	OK

Sumber: Program *WaterCad*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *waterCAD ver 8 XM Edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut.

- Contoh titik simpul *Junction-13* (titik simpul terjauh) diperoleh tekanan sisa sesuai dengan kriteria. Tekanan maksimum terjadi saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 sebesar 7,8 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 06.00 sebesar 7,5 atm.
- Dari keseluruhan titik simpul, semua telah memenuhi syarat perencanaan meskipun tekanannya merupakan batas dari kriteria perencanaan (J-13).
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.50-20.00. Tekanan naik saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 21.00-04.00. Kemudian tekanan kembali rendah dan naik seperti pada siklus yang

ditunjukkan koefisien faktor pengali (*load factor*) terhadap kebutuhan air bersih. Kondisi ini juga terjadi pada semua titik simpul (*junction*) yang ada.



Gambar 4.8 Junction J-13 pada skema jaringan perpipaan
Sumber: Program Watercad

Untuk melakukan kalibrasi simulasi hidrolika dapat digunakan contoh perhitungan sederhana berikut.

Data Pipa-13 hasil *Running WaterCAD ver 8 XM Edition (pukul 6)*

- Panjang pipa : 248,8 m
- Diameter : 0,05 m
- Material : PVC
- Koef. Hazen W : 150
- Debit : 0,504 liter/det = $0,504 \times 10^{-3}$ m³/det
- Kecepatan : 0,3 m/det
- *Headloss gradient* : 1,7 m/km

Rumus Hazen-Williams

$$Q_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot A_i \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54} \text{ dan}$$

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

Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad R &= \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D} = \frac{D}{4} \\ &= \frac{0,05}{4} = 0,0125 \text{ m} \end{aligned}$$

- $S = \frac{hf}{L} = 0,0017 \text{ m/m}$
 $= 0,0017 \times 248,8$
 $hf = 0,42296 \text{ m}$
- $V_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54}$
 $= 0,85 \cdot 150 \cdot 0,0125^{0,63} \cdot 0,0017^{0,54}$
 $= 0,258 \approx 0,3 \text{ m/det}$
- $Q_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot A_i \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54}$
 $= V \cdot A \text{ dimana } A = 1,963 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
 $= 0,505 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$

dengan menggunakan rumus $k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$ didapatkan:

- $k = \frac{10,67 \cdot 248,8}{150^{1,85} \cdot 0,05^{4,87}}$
 $= 542328,02$
- $h_f = k \cdot Q^{1,85}$
 $= 542328,02 \cdot (9,64 \times 10^{-5})^{1,85}$
 $= 0,43 \text{ m}$

Dari hasil perhitungan sederhana tersebut dapat disimpulkan tidak terjadi perbedaan yang berarti, hal itu berarti bahwa hasil simulasi yang direncanakan telah sesuai.

4.3. Simulasi Jaringan Perpipaan

Pada daerah studi ini, terdapat 8 (delapan) zona pengembangan yang ditunjukkan dibawah ini. Berikut penjelasannya.



Gambar 4.9 Zona Pelayanan *existing* dan pengembangan pada daerah studi

Sumber: Google earth

Pada kondisi pengembangan terdapat juga perhitungan secara manual tentang kebutuhan air penduduknya. Berikut langkahnya.

Contoh perhitungan pada Zona Pengembangan 1

Diketahui data berikut:

- Total penduduk = 4091 SR
= 20455 jiwa
- Jumlah pelanggan zona 1 = 640 SR
= 3202 jiwa
- Total kebutuhan air = 28,18 liter/detik
- Kebutuhan air zona 1 = $\frac{3202}{20455} \times 28,18$
= 4,41

Tabel 4.13 Pembagian Zona dan Kebutuhan Air Bersih Kondisi Pengembangan.

Zona	Luasan (m ²)	Kebutuhan Air			Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah KK (jiwa)
		(liter/detik)	(m ³ /detik)	(m ³ /hari)		
		28,18	0,0282	2434,70	20455	4091
1	345,32	4,41	0,0044	381,12	3202	640
2	352,32	4,50	0,0045	388,85	3267	653
3	278,51	3,56	0,0036	307,39	2583	517
4	225,18	2,88	0,0029	248,52	2088	418
5	410,10	5,24	0,0052	452,61	3803	761
6	178,70	2,28	0,0023	197,22	1657	331
7	199,00	2,54	0,0025	219,63	1845	369
8	216,88	2,77	0,0028	239,36	2011	402
Jumlah	2206	28,18	0,0282	2434,70	20455	4091

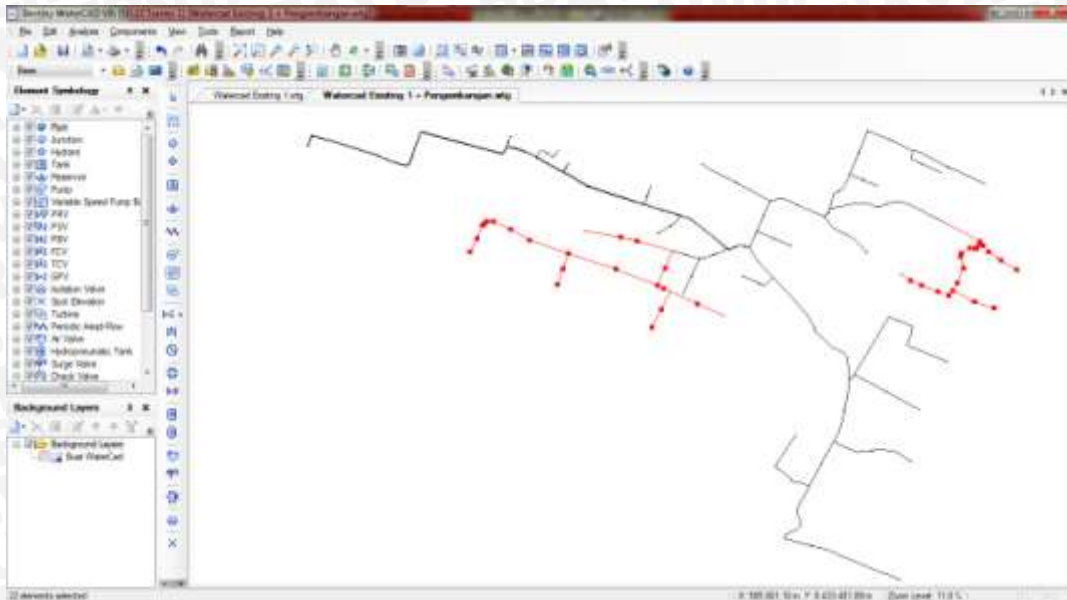
Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas kebutuhan daerah layanan terbesar terdapat pada zona 5 dan sebaliknya untuk kebutuhan daerah layanan terkecil terdapat pada zona 6.

4.3.1. Analisa Hidrolik Jaringan Pipa

Analisa hidrolik dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran yang terdapat didalam pipa.

Berikut merupakan contoh perhitungan perencanaan jaringan pipa distribusi sebagai bagian dari skema jaringan pengembangan.



Gambar 4.10 Skema Jaringan Pengembangan

Sumber: Program WaterCad

4.3.2. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

Dalam perencanaan sistem jaringan perpipaan, aliran yang terdapat dalam pipa harus berada pada kondisi turbulen. Maka dari itu dalam sistem jaringan perpipaan kondisi *existing* juga harus dalam keadaan demikian. Untuk mengetahui kondisi aliran dalam pipa, maka diperlukan beberapa metode berikut :

1. Kehilangan tinggi tekan mayor

Kehilangan tinggi tekan pada pipa akibat gesekan (*major losses*), dapat dihitung dengan persamaan (2-14) dan (2-15). Pada studi ini didesain menggunakan perencanaan sesuai dengan data berikut.

- Debit (Q) = 0,0044 m³/det
- Panjang pipa (L) = 163,06 m
- Koefisien kekasaran pipa (Chw) = 150 (pipa PVC)
- Diameter pipa (D) = 0,1 m (3,937")

Dari data tersebut sehingga didapatkan,

$$k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

$$k = \frac{10,67 \cdot (163,06)}{150^{1,85} \cdot 0,1^{4,87}}$$

$$k = 12154,67$$

sehingga dari nilai tersebut, dengan menggunakan persamaan (2-14) didapatkan kehilangan tinggi tekan mayor sebagai berikut.

- $h_f = k \cdot Q^{1,85}$
- $h_f = (12154,67) \cdot 0,0044^{1,85}$
- $h_f = 0,53 \text{ m}$

2. Kehilangan tinggi tekan minor

Dalam menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan minor dapat menggunakan persamaan (2-16) sebagai berikut.

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

Pada studi ini kehilangan tinggi tekan minor disebabkan oleh 3 (tiga) faktor, yaitu: pada *inlet*, belokan, dan pada *outlet*. Direncanakan menggunakan pipa sesuai dengan data perencanaan sebagai berikut.

- Debit (Q) = 0,0044 m³/det
- Diameter pipa (D) = 0,075 m (2,953")

Koefisien kehilangan tinggi tekan minor disesuaikan dengan bentuk pipa. Berikut merupakan analisa perhitungannya.

- $A = \frac{1}{4} \pi (0,075)^2$

$$A = 0,0044 \text{ m}^2$$

- $v = \frac{0,0044}{0,0044}$

$$v = 1,0 \text{ m/det}$$

Sehingga dengan g sebesar 9,81 m/detik² didapatkan:

- d. pipa *inlet*, dengan k = 0,5 (*bell mounth*)

$$h_{Lm} = 0,5 \times \left(\frac{1,0^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$h_{lm} = 0,025 \text{ m}$$

- e. akibat belokan, dengan k = 0,8 (belokan 90⁰)

$$h_{Lm} = 0,8 \times \left(\frac{1,0^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$h_{lm} = 0,04 \text{ m}$$

- f. pipa *outlet*, k = 1 (ujung keluar pipa)

$$h_{Lm} = 1x \left(\frac{0,5605^2}{2x9,81} \right)$$

$$h_{Lm} = 0,016 \text{ m}$$

Didapatkan total kehilangan tinggi tekan (*minor losses*) sebesar 0,037 m

4.3.3. Hasil Simulasi Jaringan Perpipaan Kondisi Pengembangan

Simulasi jaringan perpipaan menggunakan program *waterCAD ver 8 XM edition*.

Program ini berisi tentang cara menganalisis jaringan perpipaan dari komponen perpipaan yang direncanakan. Dengan menggunakan program ini, maka kita dapat mengetahui berhasil tidaknya kondisi jaringan yang direncanakan. Sehingga kesimpulan terkait hasil sebuah perencanaan jaringan perpipaan menjadi tepat guna.

Komponen perpipaan yang digunakan dalam simulasi ini meliputi tandon, pipa dan *junction*. Pengaliran air untuk distribusi ke daerah layanan (*junction*) dilakukan secara gravitasi. Jumlah konsumen disesuaikan dengan jumlah proyeksi penduduk pada tahun 2023. Besarnya pembebanan kebutuhan air tiap *junction* yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan *junction* hanya disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam.

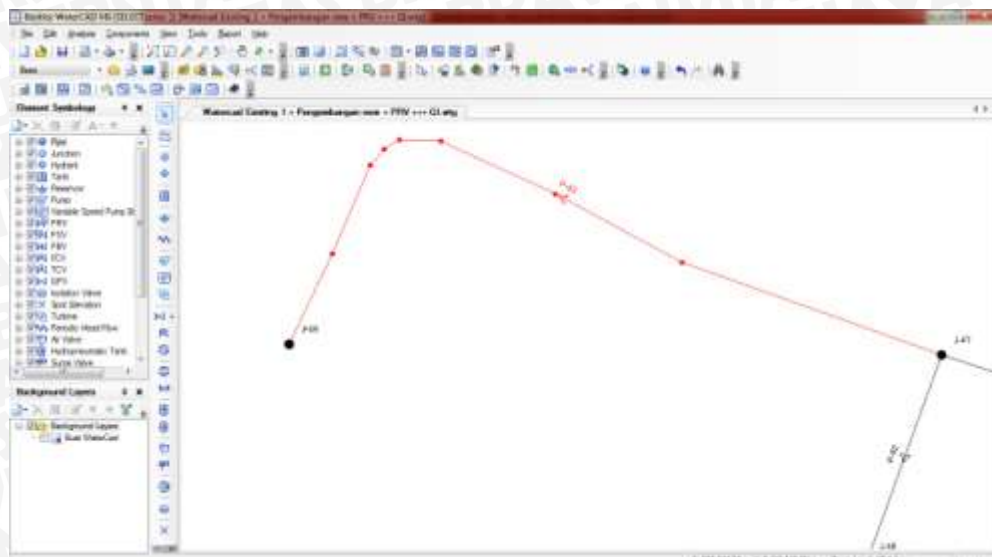
Pada gambar 4.10 diatas merupakan skema jaringan perpipaan pada kondisi pengembangan. Pada jaringan tersebut dapat diketahui memenuhi syarat jika data yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Tekanan yang terdapat pada titik simpul (*junction*) 0,5 – 8 atm.
- Kecepatan yang terdapat pada pipa 0,3 – 4,5 m/dt.
- Kemiringan garis hidrolis (*headloss gradien*) 0 – 15 m/km.

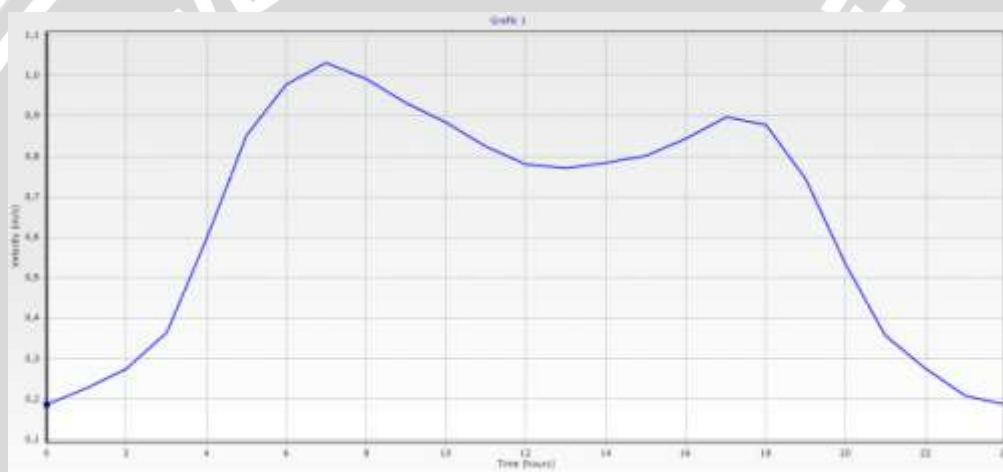
1. Hasil Simulasi Pada Jaringan Pipa

Penentuan diameter pipa dilakukan dengan sistem *trial and error* menyesuaikan dengan kondisi lapangan dan hasil *running* program. Berikut merupakan perencanaan jenis pipa dan diameternya.

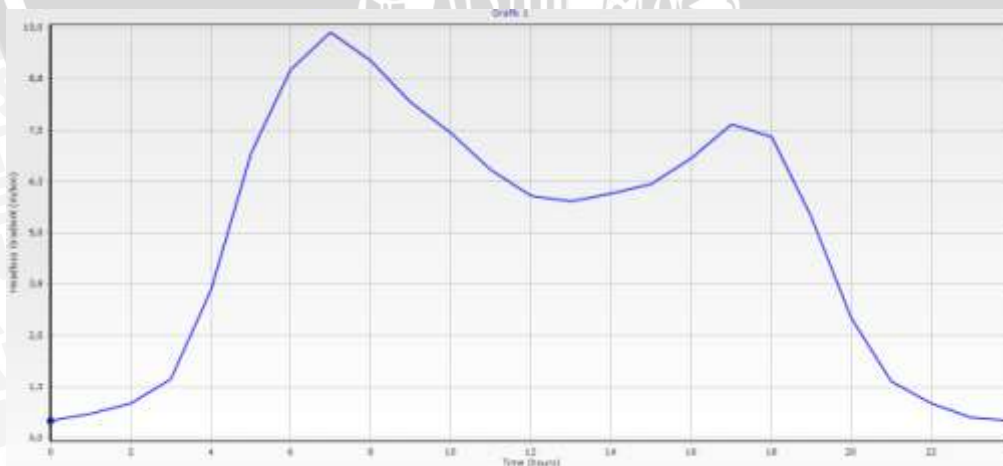
- Pipa yang digunakan adalah piapa PVC
- Diameter pipa PVC disesuaikan dengan kebutuhan daerah layanan. Untuk daerah pipa yang digunakan pada daerah studi memiliki diameter antara 3 inci sampai 8 inci.



Gambar 4.11 Skema Jaringan Pengembangan Pipa - 53.
 Sumber: Program *WaterCad*



Gambar 4.12 Grafik kecepatan pada Pipa – 53
 Sumber: Program *WaterCad*



Gambar 4.13 Grafik kemiringan garis pada Pipa – 53
 Sumber: Program *WaterCad*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *waterCAD ver 8 XM edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut:

- Kemiringan garis hidrolis pada kondisi jam minimum dan jam puncak tetap memenuhi kriteria yang ditentukan, yaitu berada pada level 0,1 m/km (pukul 00.00) sampai dengan 13 m/km (pukul 06.00).
- Kecepatan yang terjadi pada simulasi jaringan perpipaan berkisar antara 0 m/dtk sampai dengan 1,6 m/dtk. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 06.00 sebesar 1,6 m/dtk dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0 m/dtk.

Pada pukul 00.00 ada kecepatan pada beberapa pipa yang tidak memenuhi syarat karena kecepatan kurang dari 0,3 m/dtk. Akan tetapi hal tersebut masih bisa ditoleransi mengingat pada pukul tersebut mayoritas penduduk tidak melakukan aktivitas.

Tabel 4.14 Tabel Simulasi Jaringan Pipa Pada Pukul 00.00

Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (m)	Material	Hazen Williams	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Kontrol ($0,3 \leq v \leq 4,5$)	Headloss Gradient (m/km)	Kontrol ($0 \leq hf \leq 15$)
Pipa-1	399,11	R-1	J-1	0,100	PVC	150	0,80	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-2	12,22	J-1	J-2	0,025	PVC	150	0,00	0,10	Tidak	0,30	Ya
Pipa-3	322,86	J-1	J-3	0,100	PVC	150	0,80	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-4	47,42	J-3	J-4	0,030	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,50	Ya
Pipa-5	88,54	J-3	PRV-1	0,100	PVC	150	0,70	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-6	86,04	PRV-1	J-5	0,100	PVC	150	0,70	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-7	10,60	J-5	J-6	0,050	PVC	150	0,30	0,10	Tidak	0,50	Ya
Pipa-8	96,61	J-6	J-7	0,040	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-9	204,54	J-6	J-8	0,050	PVC	150	0,20	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-10	86,56	J-5	J-9	0,075	PVC	150	0,40	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-11	108,87	J-9	J-10	0,050	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-12	32,61	J-9	PRV-2	0,075	PVC	150	0,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-13	34,30	PRV-2	J-11	0,075	PVC	150	0,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-14	106,22	J-11	J-12	0,050	PVC	150	0,20	0,10	Tidak	0,40	Ya
Pipa-15	248,80	J-11	J-13	0,050	PVC	150	0,10	0,00	Tidak	0,10	Ya
Pipa-16	318,88	R-1	J-14	0,200	PVC	150	9,40	0,30	Ya	0,40	Ya
Pipa-17	17,82	J-14	J-15	0,050	PVC	150	0,10	0,00	Tidak	0,10	Ya
Pipa-18	37,51	J-14	J-16	0,200	PVC	150	9,30	0,30	Ya	0,40	Ya
Pipa-19	41,82	J-16	J-17	0,030	PVC	150	0,00	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-20	156,57	J-16	J-18	0,200	PVC	150	9,30	0,30	Ya	0,40	Ya
Pipa-21	25,18	J-18	J-19	0,040	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-22	49,77	J-18	J-20	0,200	PVC	150	9,20	0,30	Ya	0,40	Ya
Pipa-23	38,04	J-20	J-21	0,025	PVC	150	0,00	0,10	Tidak	0,60	Ya
Pipa-24	76,19	J-20	J-22	0,200	PVC	150	9,20	0,30	Ya	0,40	Ya
Pipa-25	8,00	J-22	J-23	0,200	PVC	150	6,10	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-26	21,20	J-23	J-24	0,200	Galvanized iron	120	6,10	0,20	Tidak	0,30	Ya
Pipa-27	9,45	J-24	J-25	0,200	Galvanized iron	120	6,10	0,20	Tidak	0,30	Ya
Pipa-28	37,00	J-25	J-26	0,200	PVC	150	6,10	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-29	50,64	J-25	J-27	0,025	PVC	150	0,00	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-30	53,81	J-22	J-28	0,150	PVC	150	3,00	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-31	49,35	J-28	J-29	0,030	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,30	Ya
Pipa-32	44,00	J-28	J-30	0,150	PVC	150	3,00	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-33	103,24	J-30	J-31	0,050	PVC	150	0,20	0,10	Tidak	0,30	Ya
Pipa-34	38,36	J-30	PRV-3	0,150	PVC	150	2,80	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-35	38,02	PRV-3	J-31	0,150	PVC	150	2,80	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-36	75,89	J-31	J-32	0,040	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-37	13,72	J-31	J-33	0,150	PVC	150	2,70	0,20	Tidak	0,20	Ya
Pipa-38	151,53	J-33	J-34	0,150	PVC	150	2,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-39	54,22	J-33	J-35	0,075	PVC	150	0,40	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-40	37,60	J-35	J-36	0,030	PVC	150	0,10	0,10	Tidak	0,30	Ya
Pipa-41	61,90	J-35	J-37	0,075	PVC	150	0,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-42	33,47	J-37	PRV-4	0,075	PVC	150	0,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-43	32,57	PRV-4	J-38	0,075	PVC	150	0,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-44	55,28	J-38	J-39	0,050	PVC	150	0,20	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-45	104,08	J-38	J-40	0,050	PVC	150	0,20	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-46	49,76	J-26	J-41	0,150	PVC	150	4,80	0,30	Ya	0,50	Ya
Pipa-47	18,96	J-41	J-42	0,150	PVC	150	2,50	0,10	Tidak	0,20	Ya
Pipa-48	53,80	J-42	J-43	0,100	PVC	150	1,30	0,20	Tidak	0,30	Ya
Pipa-49	78,34	J-42	J-44	0,100	PVC	150	1,20	0,20	Tidak	0,30	Ya
Pipa-50	119,66	J-26	J-45	0,100	PVC	150	1,30	0,20	Tidak	0,30	Ya
Pipa-51	124,51	J-41	J-46	0,150	PVC	150	2,30	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-52	43,57	J-46	J-47	0,100	PVC	150	0,80	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-53	163,06	J-46	J-48	0,100	PVC	150	1,50	0,20	Tidak	0,40	Ya
Pipa-54	64,32	J-34	J-49	0,150	PVC	150	2,10	0,10	Tidak	0,10	Ya
Pipa-55	60,47	J-49	J-50	0,075	PVC	150	0,60	0,10	Tidak	0,40	Ya
Pipa-56	81,19	J-49	J-51	0,100	PVC	150	1,50	0,20	Tidak	0,40	Ya
Pipa-57	77,66	J-51	J-53	0,075	PVC	150	0,80	0,20	Tidak	0,50	Ya
Pipa-58	59,19	J-51	J-52	0,075	PVC	150	0,70	0,20	Tidak	0,40	Ya

Sumber: Program WaterCad

Tabel 4.15 Tabel Simulasi Jaringan Pipa Pada Pukul 06.00

Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (m)	Material	Hazen Williams	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Kontrol (0,3 ≤ v ≤ 4,5)	Headloss Gradient (m/km)	Kontrol (0 ≤ hf ≤ 15)
Pipa-1	399,11	R-1	J-1	0,100	PVC	150	4,10	0,50	Ya	2,80	Ya
Pipa-2	12,22	J-1	J-2	0,025	PVC	150	0,20	0,30	Ya	5,40	Ya
Pipa-3	322,86	J-1	J-3	0,100	PVC	150	4,00	0,50	Ya	2,70	Ya
Pipa-4	47,42	J-3	J-4	0,030	PVC	150	0,40	0,50	Ya	10,90	Ya
Pipa-5	88,54	J-3	PRV-1	0,100	PVC	150	3,60	0,50	Ya	2,20	Ya
Pipa-6	86,04	PRV-1	J-5	0,100	PVC	150	3,60	0,50	Ya	2,20	Ya
Pipa-7	10,60	J-5	J-6	0,050	PVC	150	1,40	0,70	Ya	10,60	Ya
Pipa-8	96,61	J-6	J-7	0,040	PVC	150	0,50	0,40	Ya	4,50	Ya
Pipa-9	204,54	J-6	J-8	0,050	PVC	150	0,90	0,50	Ya	4,80	Ya
Pipa-10	86,56	J-5	J-9	0,075	PVC	150	2,30	0,50	Ya	3,80	Ya
Pipa-11	108,87	J-9	J-10	0,050	PVC	150	0,50	0,30	Ya	1,90	Ya
Pipa-12	32,61	J-9	PRV-2	0,075	PVC	150	1,70	0,40	Ya	2,30	Ya
Pipa-13	34,30	PRV-2	J-11	0,075	PVC	150	1,70	0,40	Ya	2,30	Ya
Pipa-14	106,22	J-11	J-12	0,050	PVC	150	1,20	0,60	Ya	8,70	Ya
Pipa-15	248,80	J-11	J-13	0,050	PVC	150	0,50	0,30	Ya	1,70	Ya
Pipa-16	318,88	R-1	J-14	0,200	PVC	150	49,30	1,60	Ya	9,60	Ya
Pipa-17	17,82	J-14	J-15	0,050	PVC	150	0,50	0,30	Ya	1,60	Ya
Pipa-18	37,51	J-14	J-16	0,200	PVC	150	48,80	1,60	Ya	9,40	Ya
Pipa-19	41,82	J-16	J-17	0,030	PVC	150	0,20	0,30	Ya	4,70	Ya
Pipa-20	156,57	J-16	J-18	0,200	PVC	150	48,60	1,50	Ya	9,30	Ya
Pipa-21	25,18	J-18	J-19	0,040	PVC	150	0,40	0,30	Ya	3,30	Ya
Pipa-22	49,77	J-18	J-20	0,200	PVC	150	48,20	1,50	Ya	9,20	Ya
Pipa-23	38,04	J-20	J-21	0,025	PVC	150	0,20	0,50	Ya	13,00	Ya
Pipa-24	76,19	J-20	J-22	0,200	PVC	150	47,90	1,50	Ya	9,10	Ya
Pipa-25	8,00	J-22	J-23	0,200	PVC	150	32,00	1,00	Ya	4,30	Ya
Pipa-26	21,20	J-23	J-24	0,200	Galvanized iron	120	32,00	1,00	Ya	6,50	Ya
Pipa-27	9,45	J-24	J-25	0,200	Galvanized iron	120	32,00	1,00	Ya	6,50	Ya
Pipa-28	37,00	J-25	J-26	0,200	PVC	150	31,90	1,00	Ya	4,30	Ya
Pipa-29	50,64	J-25	J-27	0,025	PVC	150	0,10	0,30	Ya	4,90	Ya
Pipa-30	53,81	J-22	J-28	0,150	PVC	150	15,90	0,90	Ya	4,80	Ya
Pipa-31	49,35	J-28	J-29	0,030	PVC	150	0,30	0,40	Ya	6,30	Ya
Pipa-32	44,00	J-28	J-30	0,150	PVC	150	15,60	0,90	Ya	4,60	Ya
Pipa-33	103,24	J-30	J-31	0,050	PVC	150	1,00	0,50	Ya	5,90	Ya
Pipa-34	38,36	J-30	PRV-3	0,150	PVC	150	14,60	0,80	Ya	4,10	Ya
Pipa-35	38,02	PRV-3	J-31	0,150	PVC	150	14,60	0,80	Ya	4,10	Ya
Pipa-36	75,89	J-31	J-32	0,040	PVC	150	0,50	0,40	Ya	4,50	Ya
Pipa-37	13,72	J-31	J-33	0,150	PVC	150	14,20	0,80	Ya	3,90	Ya
Pipa-38	151,53	J-33	J-34	0,150	PVC	150	12,20	0,70	Ya	2,90	Ya
Pipa-39	54,22	J-33	J-35	0,075	PVC	150	2,00	0,50	Ya	3,00	Ya
Pipa-40	37,60	J-35	J-36	0,030	PVC	150	0,30	0,40	Ya	6,60	Ya
Pipa-41	61,90	J-35	J-37	0,075	PVC	150	1,70	0,40	Ya	2,30	Ya
Pipa-42	33,47	J-37	PRV-4	0,075	PVC	150	1,70	0,40	Ya	2,30	Ya
Pipa-43	32,57	PRV-4	J-38	0,075	PVC	150	1,70	0,40	Ya	2,30	Ya
Pipa-44	55,28	J-38	J-39	0,050	PVC	150	0,90	0,50	Ya	5,10	Ya
Pipa-45	104,08	J-38	J-40	0,050	PVC	150	0,80	0,40	Ya	4,00	Ya
Pipa-46	49,76	J-26	J-41	0,150	PVC	150	24,90	1,40	Ya	11,00	Ya
Pipa-47	18,96	J-41	J-42	0,150	PVC	150	13,10	0,70	Ya	3,30	Ya
Pipa-48	53,80	J-42	J-43	0,100	PVC	150	6,60	0,80	Ya	6,80	Ya
Pipa-49	78,34	J-42	J-44	0,100	PVC	150	6,50	0,80	Ya	6,50	Ya
Pipa-50	119,66	J-26	J-45	0,100	PVC	150	6,90	0,90	Ya	7,40	Ya
Pipa-51	124,51	J-41	J-46	0,150	PVC	150	11,90	0,70	Ya	2,80	Ya
Pipa-52	43,57	J-46	J-47	0,100	PVC	150	4,20	0,50	Ya	3,00	Ya
Pipa-53	163,06	J-46	J-48	0,100	PVC	150	7,70	1,00	Ya	9,00	Ya
Pipa-54	64,32	J-34	J-49	0,150	PVC	150	11,10	0,60	Ya	2,50	Ya
Pipa-55	60,47	J-49	J-50	0,075	PVC	150	3,30	0,80	Ya	7,80	Ya
Pipa-56	81,19	J-49	J-51	0,100	PVC	150	7,80	1,00	Ya	9,20	Ya
Pipa-57	77,66	J-51	J-53	0,075	PVC	150	3,70	0,80	Ya	9,50	Ya
Pipa-58	59,19	J-51	J-52	0,075	PVC	150	4,10	0,90	Ya	11,20	Ya

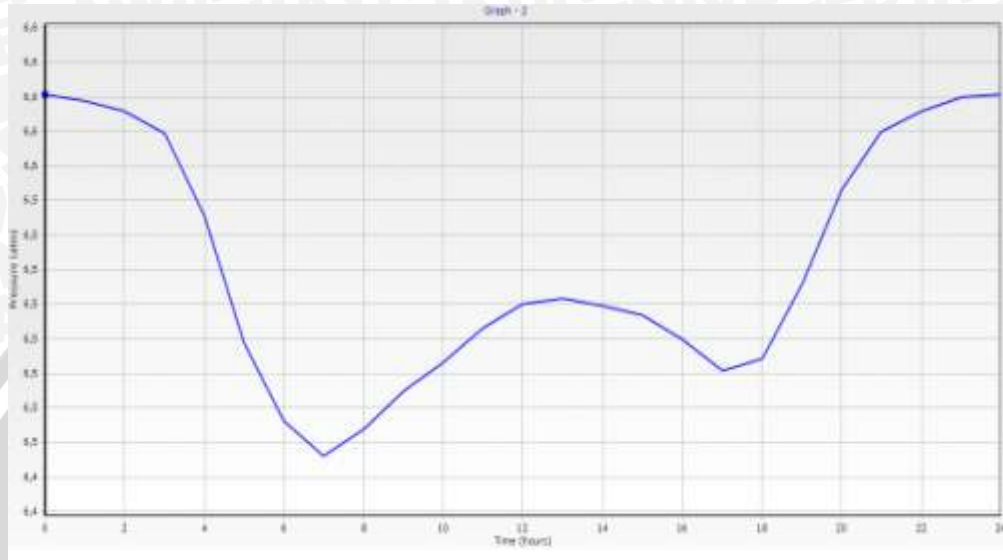
Sumber: Program *WaterCad*

3. Hasil simulasi pada *junction*

Tekanan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Letak dan besarnya kebutuhan air tiap *junction* ditentukan sebagai berikut.

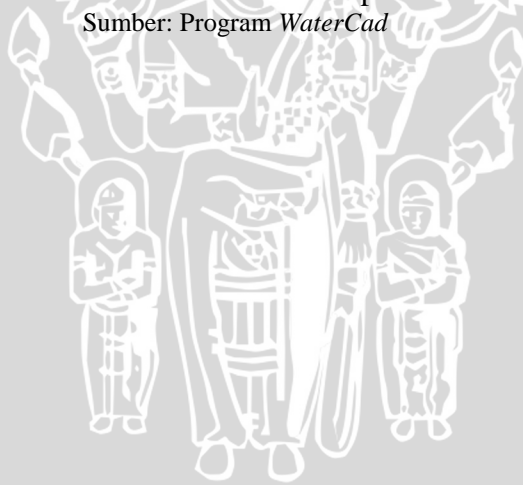
- Derah layanan atau zona pada kondisi pengembangan dibagi menjadi 8 (delapan) daerah layanan dan tiap daerah layanan diwakili oleh satu *junction*.
- Lokasi *junction* berada pada titik terjauh dari blok pelayanan.

- Besarnya kebutuhan ditentukan berdasarkan banyaknya penduduk atau jumlah KK yang akan dilayani.
- Terdapat *junction* pembagi yang berfungsi membagi air pada percabangan. Sehingga tidak ada kebutuhan iar yang terdapat pada *junction* tersebut. Berikut merupakan hasil simulasi dari titik simpul (*junction*).



Gambar 4.14 Grafik fluktuasi tekanan pada Junction – 51

Sumber: Program WaterCad



Tabel 4.16 Tabel Simulasi *Junction* Pada Pukul 00.00

Label	Elevation (m)	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol ($1 \leq P \leq 8$)
J-1	506,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,95	3,9	Ya
J-2	505,00	<Collection: 1 item>	0,00	545,94	4,0	Ya
J-3	471,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,91	7,2	Ya
J-4	470,00	<Collection: 1 item>	0,10	545,88	7,3	Ya
J-5	465,00	<Collection: 0 items>	0,00	530,63	6,3	Ya
J-6	465,00	<Collection: 0 items>	0,00	530,63	6,3	Ya
J-7	464,00	<Collection: 1 item>	0,10	530,61	6,4	Ya
J-8	465,00	<Collection: 1 item>	0,20	530,58	6,3	Ya
J-9	466,00	<Collection: 0 items>	0,00	530,62	6,2	Ya
J-10	466,00	<Collection: 1 item>	0,10	530,61	6,2	Ya
J-11	464,00	<Collection: 0 items>	0,00	527,14	6,1	Ya
J-12	465,00	<Collection: 1 item>	0,20	527,09	6,0	Ya
J-13	465,00	<Collection: 1 item>	0,10	527,12	6,0	Ya
J-14	525,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,86	2,0	Ya
J-15	524,00	<Collection: 1 item>	0,10	545,86	2,1	Ya
J-16	518,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,84	2,7	Ya
J-17	517,00	<Collection: 1 item>	0,00	545,83	2,8	Ya
J-18	485,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,77	5,9	Ya
J-19	484,00	<Collection: 1 item>	0,10	545,77	6,0	Ya
J-20	482,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,75	6,2	Ya
J-21	480,00	<Collection: 1 item>	0,00	545,73	6,3	Ya
J-22	487,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,72	5,7	Ya
J-23	487,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,72	5,7	Ya
J-24	487,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,71	5,7	Ya
J-25	476,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,71	6,7	Ya
J-26	474,00	<Collection: 1 item>	0,00	545,70	6,9	Ya
J-27	470,00	<Collection: 1 item>	0,00	545,70	7,3	Ya
J-28	478,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,71	6,5	Ya
J-29	474,00	<Collection: 1 item>	0,10	545,69	6,9	Ya
J-30	481,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,70	6,2	Ya
J-31	470,00	<Collection: 1 item>	0,20	545,67	7,3	Ya
J-32	471,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,13	6,5	Ya
J-33	465,00	<Collection: 1 item>	0,10	538,12	7,1	Ya
J-34	470,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,13	6,6	Ya
J-35	470,00	<Collection: 1 item>	0,20	538,11	6,6	Ya
J-36	470,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,12	6,6	Ya
J-37	469,00	<Collection: 1 item>	0,10	538,11	6,7	Ya
J-38	468,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,12	6,8	Ya
J-39	465,00	<Collection: 0 items>	0,00	528,64	6,1	Ya
J-40	465,00	<Collection: 1 item>	0,20	528,62	6,1	Ya
J-41	464,00	<Collection: 1 item>	0,20	528,62	6,2	Ya
J-42	472,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,67	7,1	Ya
J-43	472,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,67	7,1	Ya
J-44	472,00	<Collection: 1 item>	1,30	545,66	7,1	Ya
J-45	470,00	<Collection: 1 item>	1,20	545,65	7,3	Ya
J-46	475,00	<Collection: 1 item>	1,30	545,66	6,8	Ya
J-47	475,00	<Collection: 0 items>	0,00	545,66	6,8	Ya
J-48	475,00	<Collection: 1 item>	0,80	545,65	6,8	Ya
J-49	477,00	<Collection: 1 item>	1,50	545,59	6,6	Ya
J-50	470,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,10	6,6	Ya
J-51	470,00	<Collection: 1 item>	0,60	538,08	6,6	Ya
J-52	468,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,07	6,8	Ya
J-53	468,00	<Collection: 1 item>	0,70	538,04	6,8	Ya
J-54	467,00	<Collection: 1 item>	0,80	538,03	6,9	Ya

Sumber: Program *WaterCad*

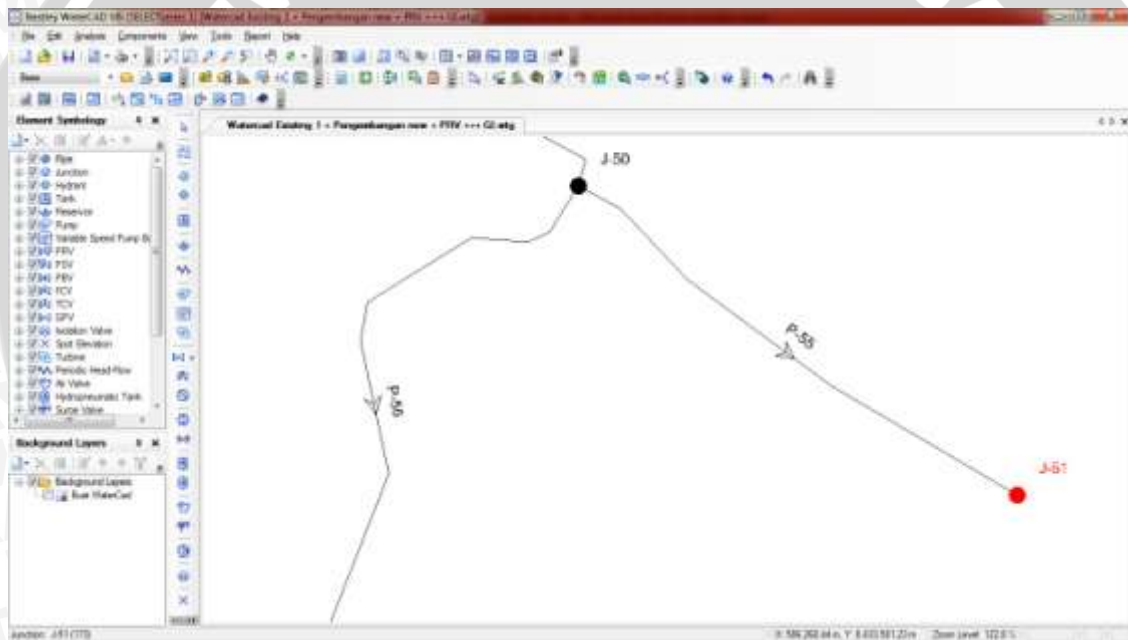
Tabel 4.17 Tabel Simulasi *Junction* Pada Pukul 06.00

Label	Elevation (m)	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol ($1 \leq P \leq 8$)
J-1	506,00	<Collection: 0 items>	0,00	544,86	3,8	Ya
J-2	505,00	<Collection: 1 item>	0,20	544,80	3,8	Ya
J-3	471,00	<Collection: 0 items>	0,00	544,01	7,1	Ya
J-4	470,00	<Collection: 1 item>	0,40	543,49	7,1	Ya
J-5	465,00	<Collection: 0 items>	0,00	530,45	6,3	Ya
J-6	465,00	<Collection: 0 items>	0,00	530,34	6,3	Ya
J-7	464,00	<Collection: 1 item>	0,50	529,91	6,4	Ya
J-8	465,00	<Collection: 1 item>	0,90	529,36	6,2	Ya
J-9	466,00	<Collection: 0 items>	0,00	530,12	6,2	Ya
J-10	466,00	<Collection: 1 item>	0,50	529,91	6,2	Ya
J-11	464,00	<Collection: 0 items>	0,00	527,06	6,1	Ya
J-12	465,00	<Collection: 1 item>	1,20	526,14	5,9	Ya
J-13	465,00	<Collection: 1 item>	0,50	526,64	6,0	Ya
J-14	525,00	<Collection: 0 items>	0,00	542,94	1,7	Ya
J-15	524,00	<Collection: 1 item>	0,50	542,91	1,8	Ya
J-16	518,00	<Collection: 0 items>	0,00	542,59	2,4	Ya
J-17	517,00	<Collection: 1 item>	0,20	542,39	2,5	Ya
J-18	485,00	<Collection: 0 items>	0,00	541,13	5,4	Ya
J-19	484,00	<Collection: 1 item>	0,40	541,04	5,5	Ya
J-20	482,00	<Collection: 0 items>	0,00	540,67	5,7	Ya
J-21	480,00	<Collection: 1 item>	0,20	540,18	5,8	Ya
J-22	487,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,98	5,1	Ya
J-23	487,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,94	5,1	Ya
J-24	487,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,80	5,1	Ya
J-25	476,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,74	6,2	Ya
J-26	474,00	<Collection: 1 item>	0,00	539,58	6,3	Ya
J-27	470,00	<Collection: 1 item>	0,10	539,49	6,7	Ya
J-28	478,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,72	6,0	Ya
J-29	474,00	<Collection: 1 item>	0,30	539,41	6,3	Ya
J-30	481,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,51	5,7	Ya
J-31	470,00	<Collection: 1 item>	1,00	538,90	6,7	Ya
J-32	471,00	<Collection: 0 items>	0,00	537,99	6,5	Ya
J-33	465,00	<Collection: 1 item>	0,50	537,65	7,0	Ya
J-34	470,00	<Collection: 0 items>	0,00	537,93	6,6	Ya
J-35	470,00	<Collection: 1 item>	1,10	537,49	6,5	Ya
J-36	470,00	<Collection: 0 items>	0,00	537,77	6,5	Ya
J-37	469,00	<Collection: 1 item>	0,30	537,52	6,6	Ya
J-38	468,00	<Collection: 0 items>	0,00	537,63	6,7	Ya
J-39	465,00	<Collection: 0 items>	0,00	528,57	6,1	Ya
J-40	464,00	<Collection: 1 item>	0,90	528,28	6,2	Ya
J-41	465,00	<Collection: 1 item>	0,80	528,15	6,1	Ya
J-42	472,00	<Collection: 0 items>	0,00	539,03	6,5	Ya
J-43	472,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,97	6,5	Ya
J-44	472,00	<Collection: 1 item>	6,60	538,61	6,4	Ya
J-45	470,00	<Collection: 1 item>	6,50	538,46	6,6	Ya
J-46	475,00	<Collection: 1 item>	6,90	538,69	6,2	Ya
J-47	475,00	<Collection: 0 items>	0,00	538,69	6,2	Ya
J-48	475,00	<Collection: 1 item>	4,20	538,56	6,1	Ya
J-49	477,00	<Collection: 1 item>	7,70	537,22	5,8	Ya
J-50	470,00	<Collection: 0 items>	0,00	537,33	6,5	Ya
J-51	470,00	<Collection: 1 item>	3,30	536,86	6,5	Ya
J-52	468,00	<Collection: 0 items>	0,00	536,58	6,6	Ya
J-53	468,00	<Collection: 1 item>	3,70	536,02	6,6	Ya
J-54	467,00	<Collection: 1 item>	4,10	535,72	6,6	Ya

Sumber: Program *WaterCad*

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan program *waterCAD ver 8 XM Edition* pada kondisi tersebut dapat disimpulkan berikut:

- Contoh titik simpul J-53 (titik simpul terjauh pada jaringan pengembangan) diperoleh tekanan sisa sesuai dengan kriteria. Tekanan maksimum terjadi saat kebutuhan air maksimum yaitu pukul 00.00 sebesar 6,8 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 06.00 sebesar 6,6 atm.
- Dari keseluruhan titik simpul, semua telah memenuhi syarat perencanaan.
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 04.00-20.00. Tekanan naik saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 21.00-03.00. Kemudian tekanan kembali rendah dan naik seperti pada siklus yang ditunjukkan koefisien faktor pengali (*load factor*) terhadap kebutuhan air bersih. Kondisi ini juga terjadi pada semua titik simpul (*junction*) yang ada.



Gambar 4.15 *Junction - 51* pada skema jaringan perpipaan pengembangan
Sumber: Program *Watercad*

Untuk melakukan kalibrasi simulasi hidrolika dapat digunakan contoh perhitungan sederhana berikut.

Data Pipa-53 hasil *Running WaterCAD ver 8 XM Edition* (pukul 6)

- Panjang pipa : 163,06 m
- Diameter : 0,1 m
- Material : PVC
- Koef. Hazen W : 150
- Debit : 7,7 liter/det = $7,7 \times 10^{-3}$ m³/det

- Kecepatan : 1 m/det
- *Headloss gradient* : 9 m/km

Rumus Hazen-Williams

$$Q_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot A_i \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54} \text{ dan}$$

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

Sehingga didapatkan :

$$\bullet \quad R = \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

$$= \frac{0,1}{4} = 0,025 \text{ m}$$

$$\bullet \quad S = \frac{hf}{L} = 0,009 \text{ m/m}$$

$$= 0,009 \times 163,06$$

$$hf = 1,468 \text{ m}$$

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

$$= 0,85 \cdot 150 \cdot 0,025^{0,63} \cdot 0,009^{0,54}$$

$$= 0,981 \approx 1 \text{ m/det}$$

$$\bullet \quad Q_i = 0,85 \cdot C_{hw} \cdot A_i \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54}$$

$$= V \cdot A \text{ dimana } A = 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$= 7,698 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$$

dengan menggunakan rumus $k = \frac{10,67 \cdot L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}}$ didapatkan:

$$\bullet \quad k = \frac{10,67 \cdot 163,06}{150^{1,85} \cdot 0,1^{4,87}}$$

$$= 12154,67$$

$$\bullet \quad h_f = k \cdot Q^{1,85}$$

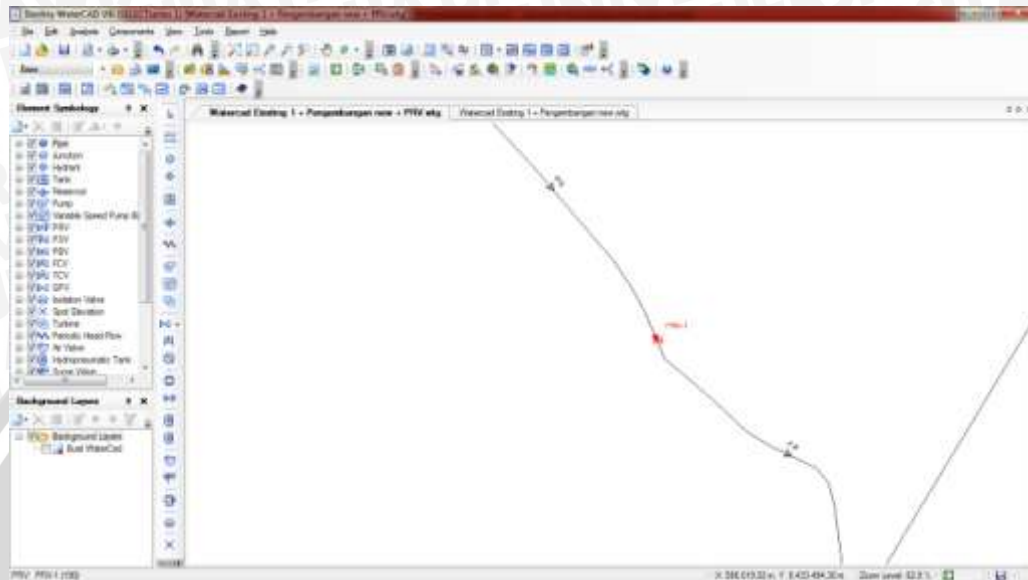
$$= 12154,67 \cdot (1,467 \times 10^{-3})^{1,85}$$

$$= 1,49 \text{ m}$$

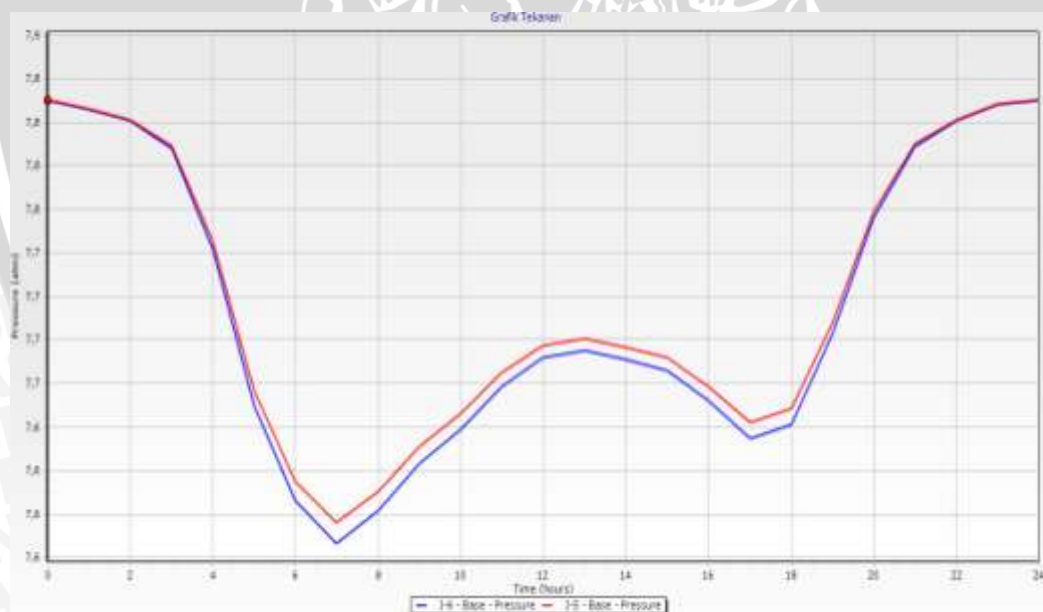
Dari hasil perhitungan sederhana tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang berarti, hal itu berarti bahwa hasil simulasi yang direncanakan telah sesuai.

4.3.4. Penurun Tekanan Pada Aliran Dalam Pipa

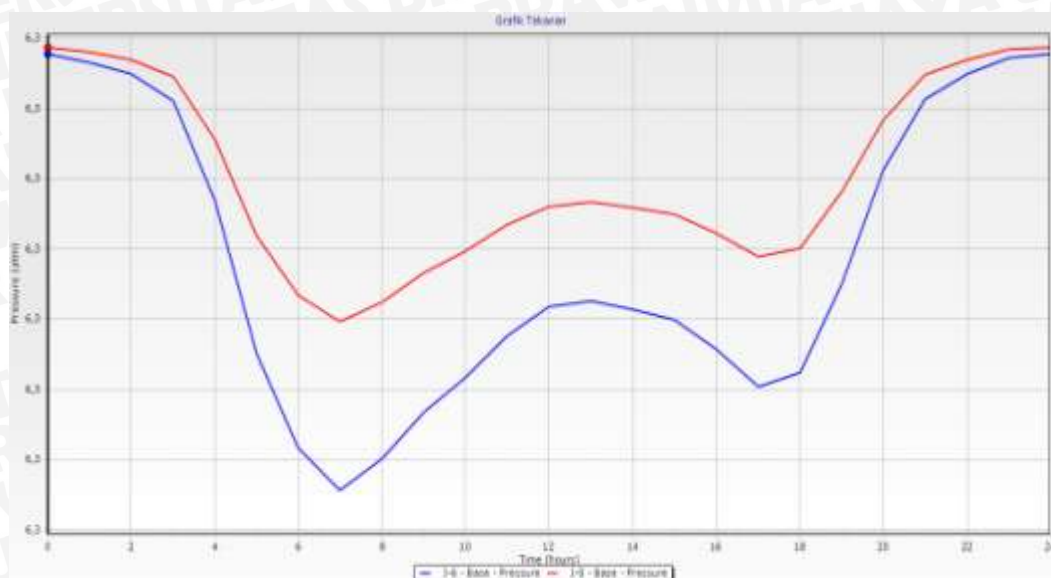
Dalam studi ini ada beberapa *junction* yang memiliki tekanan sangat tinggi yang hampir melewati batas tekanan yang di ijinakan. Oleh sebab itu dilakukan pemasangan PRV (*Pressure Reducer Valve*) untuk mengurangi tekanan pada *junction* tersebut. Berikut contoh letak PRV yang dilakukan dalam simulasi program *watercad*.



Gambar 4.16 PRV-1 pada skema jaringan perpipaan
Sumber: Program *Watercad*



Gambar 4.17 Grafik fluktuasi tekanan pada Pipa-5 dan Pipa-6 sebelum ada PRV
Sumber: Program *Watercad*



Gambar 4.18 Grafik fluktuasi tekanan pada Pipa-5 dan Pipa-6 setelah ada PRV
 Sumber: Program Watercad

Dari gambar diatas menunjukkan adanya perubahan tekanan setelah dilakukan pemasangan PRV. Berikut data perubahan tekanan yang terjadi setelah pemasangan.

Time	Pressure (atm)		PRV-1 - Base - Pressure (atm)		Pressure (atm)	
	J-5 - P	J-6 - P	(From)	(To)	J-5 - P	J-6 - P
0	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
1	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
2	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
3	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
4	7,7	7,7	7,4	6,0	6,3	6,3
5	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
6	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
7	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
8	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
9	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
10	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
11	7,7	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
12	7,7	7,7	7,3	6,0	6,3	6,3
13	7,7	7,7	7,3	6,0	6,3	6,3
14	7,7	7,7	7,3	6,0	6,3	6,3
15	7,7	7,7	7,3	6,0	6,3	6,3
16	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
17	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
18	7,6	7,6	7,3	6,0	6,3	6,3
19	7,7	7,7	7,4	6,0	6,3	6,3
20	7,7	7,7	7,4	6,0	6,3	6,3
21	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
22	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
23	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3
24	7,8	7,8	7,5	6,0	6,3	6,3

Sumber: Program WaterCad

4.4. Anggaran Biaya Dalam Pengembangan Jaringan Distribusi

Dalam studi ini juga membahas tentang rencana anggaran biaya untuk melaksanakan pengembangan jaringan distribusi ini. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan. Daftar harga satuan bahan mengacu pada daftar harga PDAM Kota Malang, sedangkan daftar harga satuan pekerja mengacu pada analisa harga satuan yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2013. Berikut perhitungan untuk rencana anggaran biaya.

Tabel 4.18 Tabel Ukuran Pipa Dan Harga Pipa Tiap 4 m (pipa PVC dan GI)

Label	Panjang (m)	D (inci)	Pipa (mm)		Jumlah Pipa	Harga	
			Lama	Baru		Per Batang	Total
P-16	318,88	8			80	661.500,00	52.734.780,00
P-18	37,51	8			9	661.500,00	6.203.216,25
P-20	156,57	8	D 150		39	661.500,00	25.892.763,75
P-22	49,77	8		D 200	12	661.500,00	8.230.713,75
P-23	76,19	8			19	661.500,00	12.599.921,25
P-24	17,42	8	D 50		4	661.500,00	2.880.832,50
P-26	37,00	8			9	661.500,00	6.118.875,00
P-28	53,81	6	D 100		13	395.000,00	5.313.737,50
P-30	44,00	6			11	395.000,00	4.345.000,00
P-32	38,36	6			10	395.000,00	3.788.050,00
P-33	38,02	6	D 75	D 150	10	395.000,00	3.754.475,00
P-35	13,72	6			3	395.000,00	1.354.850,00
P-36	151,53	6			38	395.000,00	14.963.587,50
P-44	49,76	6			12	395.000,00	4.913.800,00
P-45	18,96	6			5	395.000,00	1.872.300,00
P-46	53,80	4			13	163.000,00	2.192.350,00
P-47	78,34	4		D 100	20	163.000,00	3.192.355,00
P-48	119,66	4			30	163.000,00	4.876.145,00
P-49	124,51	6		D 150	31	395.000,00	12.295.362,50
P-50	43,57	4		D 100	11	163.000,00	1.775.477,50
P-51	163,06	4			41	163.000,00	6.644.695,00
P-52	64,32	6		D 150	16	395.000,00	6.351.600,00
P-53	60,47	3		D 75	15	97.500,00	1.473.956,25
P-54	81,19	4		D 100	20	163.000,00	3.308.492,50
P-55	77,66	3		D 75	19	97.500,00	1.892.962,50
P-56	59,19	3			15	97.500,00	1.442.756,25
P-25	21,17	8	D 50	D 200	5	855.500,00	4.527.733,75
Jumlah	2048,44				512		204.940.788,75

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

1. Jumlah pipa didapat dari panjang pipa dibagi 4.
2. Harga pipa belum termasuk PPN 10%

Dalam pekerjaan pemasangan pipa tentunya dibutuhkan aksesoris pipa yang digunakan untuk menyambung pipa menjadi instalasi pipa distribusi. Berikut uraiannya.

Tabel 4.19 Tabel Ukuran Dan Harga Aksesoris Pipa PVC dan GI

No	Diameter Pipa (in)	Jumlah Ppa (buah)	Jenis Sambungan	Diameter (in)	Jumlah Sambungan (buah)	Harga	
						Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	8	173	Lurus	8" x 8"	170	285.815,00	48.588.550,00
			Y - Branch	8" x 8" x 2"	1	581.460,00	581.460,00
				8" x 8" x 1"	1	540.450,00	540.450,00
			Tee	8" x 8" x 6"	1	401.620,00	401.620,00
				8" x 8" x 4"	1	345.670,00	345.670,00
				8" x 8" x 2"	2	325.000,00	650.000,00
				8" x 8" x 1"	1	300.050,00	300.050,00
			Elbow 90°	8" x 8"	4	348.850,00	1.395.400,00
			Elbow 45°	8" x 8"	3	360.270,00	1.080.810,00
			2	6	149	Lurus	6" x 6"
Y - Branch	6" x 6" x 3"	1				310.500,00	310.500,00
	6" x 6" x 2"	1				273.150,00	273.150,00
Tee	6" x 6" x 6"	1				200.650,00	200.650,00
	6" x 6" x 4"	2				180.400,00	360.800,00
	6" x 4" x 3"	2				173.460,00	346.920,00
	6" x 4" x 2"	1				150.500,00	150.500,00
Elbow 90°	6" x 6"	2				219.770,00	439.540,00
Elbow 45°	6" x 6"	3				221.000,00	663.000,00
3	4	135				Lurus	4" x 4"
			Tee	4" x 3" x 3"	1	87.300,00	87.300,00
			Elbow 90°	4" x 4"	2	107.590,00	215.180,00
			Elbow 45°	4" x 4"	4	99.760,00	399.040,00
			Lurus	3" x 3"	48	57.590,00	2.764.320,00
4	3	49	Elbow 90°	3" x 3"	1	23.280,00	23.280,00
			Elbow 45°	8" x 8"	2	735.000,00	1.470.000,00
Total					535		105.020.390,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk harga PRV (*pressure redicer valve*) didapat dari interview PDAM Kota Malang. Berikut urainnya.

Tabel 4.20 Tabel Ukuran Pipa Dan Harga Pipa Tiap 4 m

No. Pipa	Label	Diameter		Jumlah PRV (bh)	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
		(in)	(m)			
P-5 & P-6	PRV-1	4	0,100	1	10.000.000,00	10.000.000,00
P-12 & P-13	PRV-2	3	0,075	1	6.500.000,00	6.500.000,00
P-32 & P-33	PRV-3	6	0,150	1	17.000.000,00	17.000.000,00
P-40 & P-41	PRV-4	3	0,075	1	6.500.000,00	6.500.000,00
Total				4		40.000.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

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

Jenis Pekerjaan : Galian tanah keras sedalam 1 m

Satuan Pekerjaan : m³

Tabel 4.21 Tabel Galian Tanah Keras Sedalam 1 m

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	GALIAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,625	50.000,00	31.250,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,070	70.000,00	4.900,00
				Jumlah	36.150,00
				Dibulatkan	36.200,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Urugan tanah kembali & pemadatan /m³

Satuan Pekerjaan : m³

Tabel 4.22 Tabel Urugan Tanah Kembali & Pemadatan /m³

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	URUGAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,192	50.000,00	9.600,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,019	70.000,00	1.330,00
3	Tanah Urug	m ³	1,200	60.000,00	72.000,00
				Jumlah	82.930,00
B	PMADATAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,500	50.000,00	25.000,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,050	70.000,00	3.500,00
3	Alat Pemadat	m ³	0,200	500.000,00	100.000,00
				Jumlah	128.500,00
				Total	211.430,00
				Dibulatkan	211.400,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Urugan pasir /m³

Satuan Pekerjaan : m³

Tabel 4.23 Tabel Pasir /m³

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	URUGAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,300	50.000,00	15.000,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,019	70.000,00	1.330,00
3	Pasir Urug	m ³	1,200	60.000,00	72.000,00
				Total	88.330,00
				Dibulatkan	88.300,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pembuangan tanah sejauh

Satuan Pekerjaan : m³

Tabel 4.24 Tabel Pembuangan Tanah

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	URUGAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,330	50.000,00	16.500,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,019	70.000,00	1.330,00
3	Mobilitas	m3	1,000	60.000,00	60.000,00
				Total	77.830,00
				Dibulatkan	77.800,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC Ø 200 mm

Satuan Pekerjaan : Unit

Tabel 4.25 Tabel Pemasangan Pipa PVC Ø 200 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	1,458	40.000,00	58.320,00
2	Tukang Pipa	Oh	2,430	45.000,00	109.350,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,243	50.000,00	12.160,00
4	Mandor	Oh	0,074	60.000,00	4.428,00
				Total	184.258,00
				Dibulatkan	184.300,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa GI Ø 200 mm

Satuan Pekerjaan : Unit

Tabel 4.26 Tabel Pemasangan Pipa GI Ø 200 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,3038	40.000,00	12.150,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,5063	45.000,00	22.781,25
3	Pengelasan Keliling	ttk	2,0000	235.714,29	471.428,57
4	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,0506	50.000,00	2.531,25
5	Mandor	Oh	0,0153	60.000,00	918,00
				Total	509.809,07
				Dibulatkan	509.800,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm

Satuan Pekerjaan : Unit

Tabel 4.27 Tabel Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,729	40.000,00	29.160,00
2	Tukang Pipa	Oh	1,215	45.000,00	54.675,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,122	50.000,00	6.090,00
4	Mandor	Oh	0,037	60.000,00	2.214,00
				Total	92.139,00
				Dibulatkan	92.100,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC Ø 100 mm

Satuan Pekerjaan : Unit

Tabel 4.28 Tabel Pemasangan Pipa PVC Ø 100 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,405	40.000,00	16.200,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,675	45.000,00	30.375,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,068	50.000,00	3.375,00
4	Mandor	Oh	0,021	60.000,00	1.230,00
				Total	51.180,00
				Dibulatkan	51.200,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan Pipa PVC Ø 75 mm

Satuan Pekerjaan : Unit

Tabel 4.29 Tabel Pemasangan Pipa PVC Ø 75 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,324	40.000,00	12.960,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,540	45.000,00	24.300,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,054	50.000,00	2.700,00
4	Mandor	Oh	0,016	60.000,00	984,00
				Total	40.944,00
				Dibulatkan	40.900,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada studi pengembangan jaringan ini, instalasi pipa tidak hanya ada di dalam tanah, melainkan melewati sungai/kali. Dalam hal ini terdapat sungai/kali yang memerlukan perlintasan pipa berupa struktur jembatan yang berlokasi di Kali Sedudut. Lebar penampang ± 17 m. Berikut uraiannya

Tabel 4.30 Tabel Perhitungan Pembuatan Perlintasan Pipa

No	Uraian	Hasil (Kg)	
1	Berat Besi WF 600 mm x 200 mm x 11 mm x 17 mm	1272 kg	
	Panjang 12 m	Berat per meter = 106 kg	
		panjang Besi WF = 21,17 m	
		Berat keseluruhan = 2244,02 kg	2244,02
	Berat Besi Siku 60 mm x 60 mm x 4 mm (6 m)	22,4 kg	
		Berat per meter = 3,73 kg	
2	Pondasi Strous	panjang Besi siku = 60,36 m	
		Berat keseluruhan = 225,34 kg	225,34
		Luas = 0,5024	
		Volume = 0,5024 x 3	1,51
3	Klos Kayu jati	Ukuran 0,8 x 0,10 x 0,15 = 0,012	
		Jumlah 19 x 0,012	0,23

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan rangka baja 1 kg

Satuan Pekerjaan : kg

Tabel 4.31 Tabel Pemasangan Rangka Baja 1 kg

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN RANGKA BAJA				
1	Mandor	Oh	0,005	60.000,00	300,00
2	Kepala Tukang Besi	Oh	0,005	50.000,00	250,00
3	Tukang Besi	Oh	0,080	45.000,00	3.600,00
4	Laden Tukang Besi	Oh	0,010	40.000,00	400,00
5	Bahan/Las	kg	0,050	55.000,00	2.750,00
6	Cat meni las	m ²	0,050	14.500,00	725,00
				Jumlah	8.025,00
				Dibulatkan	8.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan rangka penahan pipa

Satuan Pekerjaan : m³

Tabel 4.32 Tabel Pemasangan Rangka Penahan Pipa

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN RANGKA PENAHAN PIPA				
1	Pembantu Tukang Kayu	Oh	5,000	40.000,00	200.000,00
2	Mandor	Oh	0,250	60.000,00	15.000,00
3	Tukang kayu	Oh	7,500	45.000,00	337.500,00
4	Kepala tukang kayu	Oh	0,750	50.000,00	37.500,00
				Jumlah	590.000,00
				Dibulatkan	590.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan baja siku-siku 1 kg

Satuan Pekerjaan : kg

Tabel 4.33 Tabel Pemasangan Baja Siku-siku 1 kg

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN BAJA SIKU-SIKU				
1	Mandor	Oh	0,008	60.000,00	480,00
2	Kepala Tukang Besi	Oh	0,008	50.000,00	400,00
3	Tukang Besi	Oh	0,008	45.000,00	360,00
4	Laden Tukang Besi	Oh	0,060	40.000,00	2.400,00
5	Bahan/Las	kg	0,010	55.000,00	550,00
6	Cat meni las	m ²	0,050	14.500,00	725,00
				Jumlah	4.915,00
				Dibulatkan	4.900,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pembuatan beton strous K225 /m³

Satuan Pekerjaan : m³

Tabel 4.34 Tabel Pembuatan Beton Strous K225 /m³

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMBUATAN BETON STROUS				
1	Mandor	Oh	0,193	60.000,00	11.580,00
2	Kepala Tukang Batu	Oh	0,420	50.000,00	21.000,00
3	Tukang Batu	Oh	0,350	45.000,00	15.750,00
4	Laden Tukang Batu	Oh	5,800	40.000,00	232.000,00
5	Semen	kg	320,000	1.305,00	417.600,00
6	Pasir Beton	m ³	1,070	175.000,00	187.250,00
7	Batu Pecah Mesin 2/3	m ³	0,776	198.000,00	153.568,80
8	Besi Beton Polos Ø 12 mm	kg	79,830	9.200,00	734.436,00
9	Spiral Besi Beton Polos Ø 8 mm	kg	15,600	9.200,00	143.520,00
10	Kawat Beton	kg	2,250	14.700,00	33.075,00
				Jumlah	1.949.779,80
				Dibulatkan	1.949.800,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari pengelompokan perhitungan diatas, dapat dijadikan satu dalam bentuk total pekerjaan yang meliputi volume total, harga satuan dan total harga. Berikut perhitungannya

Tabel 4.35 Tabel Rincian Anggaran Biaya

No.	URAIAN KEGIATAN	VOLUME	HARGA SATUAN Rp	TOTAL HARGA Rp
A	Pengadaan Pipa, Aksesoris Pipa & PRV			
I	Pengadaan Pipa			
1	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 200 mm	173 bh	661.500,00	114.661.102,50
2	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 150 mm	149 bh	395.000,00	58.952.762,50
3	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 100 mm	135 bh	163.000,00	21.989.515,00
4	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 75 mm	49 bh	97.500,00	4.809.675,00
5	Pengadaan Pipa GI Ø 200 mm	5 bh	855.500,00	4.527.733,75
6	Sambungan Pipa PVC AW Ø 200 mm	184 bh	-	53.884.010,00
7	Sambungan Pipa PVC AW Ø 150 mm	160 bh	-	28.242.210,00
8	Sambungan Pipa PVC AW Ø 100 mm	140 bh	-	18.636.570,00
9	Sambungan Pipa PVC AW Ø 75 mm	49 bh	-	2.787.600,00
10	Aksesoris Pipa GI Ø 200 mm	2 bh	735.000,00	1.470.000,00
			JUMLAH	309.961.178,75
II	Pengadaan PRV (<i>Pressure Reduce Valve</i>)			
1	Pengadaan PRV SV Ø 150 mm	1 bh	17.000.000,00	17.000.000,00
2	Pengadaan PRV SV Ø 100 mm	1 bh	10.000.000,00	10.000.000,00
3	Pengadaan PRV SV Ø 75 mm	2 bh	6.500.000,00	13.000.000,00
			JUMLAH	40.000.000,00
			TOTAL	349.961.178,75
B	Pengadaan Bahan dan Pembuatan Jembatan Perlintasan Pipa			
I	Pengadaan Bahan			
1	Berat Besi WF 600 mm x 200 mm x 11 mm x 17 mm	2244,02 kg	12.000,00	26.928.240,00
2	Berat Besi Siku 60 mm x 60 mm x 4 mm (6 m)	225,34 kg	11.000,00	2.478.784,00
3	Klos Kayu Kamper	0,23 kg	7.925.000,00	1.806.900,00
4	Air Valve Ø 1"	1,00 kg	422.400,00	422.400,00
			JUMLAH	31.636.324,00
II	Pembuatan Jembatan Pipa			
1	Pemasangan Rangka Baja	2244,02 kg	8.000,00	17.952.160,00
2	Pemasangan Baja Siku-siku	225,34 kg	4.900,00	1.104.185,60
3	Pengerjaan Rangka Penahan Pipa	1,00 m ³	590.000,00	590.000,00
4	Membuat Beton Strous K225 1 m ³	1,51 m ³	1.949.800,00	2.938.738,56
			JUMLAH	22.585.084,16
			TOTAL	54.221.408,16
C	Pekerjaan Galian, Urugan, Pematatan & Pemasangan			
I	Pekerjaan Galian Tanah			
1	Galian Tanah Keras	2027,27 m ³	36.200,00	73.387.174,00
			JUMLAH	73.387.174,00
II	Pekerjaan Urugan Tanah & Pematatan			
1	Urugan Tanah Kembali	2027,27 m ³	82.930,00	168.121.501,10
2	Pematatan Tanah Urug	2027,27 m ³	128.500,00	260.504.195,00
3	Urugan Pasir	2027,27 m ³	88.330,00	179.068.759,10
4	Pembuangan Tanah	2027,27 m ³	77.800,00	157.721.606,00
			JUMLAH	765.416.061,20
III	Pekerjaan Pemasangan Pipa			
1	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 200 mm	693,34 m	184.300,00	127.782.562,00
2	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 150 mm	596,99 m	92.100,00	54.982.779,00
3	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 100 mm	539,62 m	51.200,00	27.628.544,00
4	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 75 mm	197,32 m	40.900,00	8.070.388,00
5	Pemasangan Pipa GI Ø 200 mm	21,17 m	509.800,00	10.792.466,00
			JUMLAH	229.256.739,00
			TOTAL	1.068.059.974,20

Sumber: Hasil Perhitungan

Jadi total biaya yang diperlukan untuk melakukan rehabilitasi dan pengembangan jaringan distribusi air bersih pada Kelurahan Bandulan Kecamatan Sukun Kota Malang adalah sebagai berikut.

Tabel 4.36 Tabel Rekapitulasi Anggaran Biaya

No.	URAIAN KEGIATAN	TOTAL HARGA Rp
A	Pengadaan Pipa & PRV (<i>Pressure Reduce Valve</i>)	349.961.178,75
B	Pengadaan Bahan dan Pembuatan Jembatan Perlintasan Pipa	54.221.408,16
C	Pekerjaan Galian, Urugan, Pemadatan & Pemasangan	1.068.059.974,20
	Jumlah	1.472.242.561,11
	PPN 10%	147.224.256,11
	Total	1.619.466.817,22
	Dibulatkan	1.619.466.800,00
<i>Terbilang : Satu Milyar Enam Ratus Sembilan Belas Juta Empat Ratus Enam Puluh Enam Ribu Delapan Ratus Rupiah</i>		

Sumber: Hasil Perhitungan

