BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 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 kelurahan Tunggul Wulung dan Tasikmadu.

Tabel 4.1 Data Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Tunggul Wulung

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Pertumbuhan penduduk	
		Jiwa	%
2009	5.478		
2010	5.844	366	6,68
2011	6.199	355	6.08
2012	6.571	372	6.00
2013	6.854	283	4.31
Rerata		344	5,77

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.2 Data Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Tasikmadu

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Pertumbuhan penduduk	
		Jiwa	%
2009	5.025		
2010	5.272	247	4,92
2011	5.679	407	7.72
2012	6.173	494	8.70
2013	6.374	201	3.26
Rerata		337	6,15

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan data pertumbuhan penduduk, dilakukan perhitungan kembali mulai tahun 2009 hingga tahun 2013 yang disebut dengan perhitungan mundur. Nilai angka pertumbuhan penduduk untuk kelurahan Tunggul Wulung dan Tasikmadu berturut-turut adalah 5,766%, 6,148%. Berikut merupakan perhitungannya dengan tiga metode proyeksi penduduk.

Diketahui data untuk Kelurahan Tunggul Wulung sebagai berikut:

- Angka pertumbuhan penduduk (r) = 5,766%
- Tahun proyeksi (n) = 4
- Jumlah penduduk pada tahun akhir tahun (P_n) = 6.854 jiwa

- Angka eksponensial = 2,71828

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dianalisa sebagai berikut.

1. Metode geometrik

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

$P_{2013} = P_{2009} (1 + 0,05766)^4$

$P_{2009} = P_{2013} / (1+ 0,05766)^4$

$= 6.854 / 1,2514$

$= 5.477$

2. Metode aritmatik

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

$P_{2013} = P_{2009} (1 + 0,05766 \times 4)$

$P_{2009} = P_{2013} / (1+ 0,05766 \times 4)$

$= 6.854 / 1,2306$

$= 5.569$

3. Metode eksponensial

$P_n = P_o.e.^{r.n}$

$P_{2013} = P_{2009} (2,71828)^{0,05766x4}$

$P_{2009} = P_{2013} / (2,71828)^{0,05766x4}$

$= 6.854 / 1,2594$

$= 5.442$

Diketahui data untuk Kelurahan Tasikmadu sebagai berikut:

- Angka pertumbuhan penduduk (r) = 6,148%
- Tahun proyeksi (n) = 4
- Jumlah penduduk pada tahun akhir tahun (P_n) = 6.374 jiwa
- Angka eksponensial = 2,71828

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dianalisa sebagai berikut.

4. Metode geometrik

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

$P_{2013} = P_{2009} (1 + 0,06148)^4$

$P_{2009} = P_{2013} / (1+ 0,06148)^4$

$= 6.374 / 1,2695$

$= 5.021$

5. Metode aritmatik

P_n = P_o (1+*r.n*)

P_{2013} = P_{2009} (1 + 0,06148 x 4)

P_{2009} = P_{2013}/ (1+ 0,06148 x 4)

= 6.374 / 1,2459

= 5.116

6. Metode eksponensial

$P_n = P_o.e.^{r.n}$

$P_{2013} = P_{2009} (2,71828)^{0,06148x4}$

$P_{2009} = P_{2013}/ (2,71828)^{0,06148x4}$

= 6.374 / 1,2788

= 4.984

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Mundur Proyeksi Penduduk Kelurahan Tunggul Wulung

Tahun	Jumlah penduduk	Jumlah penduduk (metode)		
	Asli	aritmatik	geometrik	eksponensial
2009	5.478	5.57	5.48	5.44
2010	5.844	5.84	5.79	5.76
2011	6.199	6.14	6.13	6.10
2012	6.571	6.48	6.48	6.47
2013	6.854	6.85	6.85	6.85
Jumlah	30.946	30.89	30.73	30.64

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Mundur Proyeksi Penduduk Kelurahan Tasikmadu

Tahun	Jumlah penduduk	Jumlah penduduk (metode)		
	Asli	aritmatik	geometrik	Eksponensial
2009	5.025	5.12	5.02	4.98
2010	5.272	5.38	5.33	5.30
2011	5.679	5.68	5.68	5.64
2012	6.173	6.00	6.00	5.99
2013	6.374	6.37	6.37	6.37
Jumlah	28.523	28.55	28.39	28.29

Sumber: Hasil perhitungan

Dalam menentukan metode proyeksi penduduk yang mendekati kebenaran harus dilakukan uji kesesuain 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.

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

Misalnya, $\overline{X}$ merupakan nilai rata-rata jumlah penduduk metode Geometrik pada Kelurahan Tunggul Wulung yang didapat dengan cara:

- $\overline{X} = \dfrac{\sum penduduk}{tahun}$
- $\overline{X} = \dfrac{30.732}{5} = 6.146.$

Hasil dari perhitungan tersebut, selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.5 Perhitungan Standar Deviasi Proyeksi Penduduk Kelurahan Tunggul Wulung

Tahun	Jumlah penduduk metode Geometrik (X)	Rata-rata penduduk $\overline{X}$	$(X - \overline{X})$	$((X - \overline{X}))^2$
2009	5.477	6.146	-669	447.561
2010	5.793	6.146	-353	124.609
2011	6.127	6.146	-19	361
2012	6.480	6.146	334	111.556
2013	6.854	6.146	708	501.264
jumlah	30.732			1.185.351

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.6 Perhitungan Standar Deviasi Proyeksi Penduduk Kelurahan Tasikmadu

Tahun	Jumlah penduduk metode Geometrik (X)	Rata-rata penduduk $\overline{X}$	$(X - \overline{X})$	$((X - \overline{X}))^2$
2009	5.021	5.677	-656	430.336
2010	5.329	5.677	-348	121.104
2011	5.657	5.677	-20	400
2012	6.005	5.677	328	107.584
2013	6.374	5.677	797	635.209
Jumlah	28.386			1.294.633

Sumber: Hasil perhitungan

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

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

- $S = \sqrt{\frac{1.185.351}{5-1}} = 544,369$

Standar deviasi untuk Kelurahan Tasikmadu sebagai berikut

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

- $S = \sqrt{\frac{1.294.633}{5-1}} = 568,910$

2. Koefisien korelasi

Diketahui data perhitungan seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan Koefisien Korelasi untuk Kelurahan Tunggul Wulung

Tahun	Jumlah penduduk		(X) x (Y)	(X)²	(Y)²
	data (X)	geomertrik (Y)			
2009	5.478	5.477	30.003.286	30.008.484	29.997.529
2010	5.844	5.793	33.854.292	34.152.336	33.558.849
2011	6.199	6.127	37.981.273	38.427.601	37.540.129
2012	6.571	6.480	42.580.080	43.178.041	41.990.400
2013	6.854	6.854	46.977.316	46.977.316	46.977.316
jumlah	30.946	30.731	191.396.247	192.743.778	190.064.223

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.8 Perhitungan Koefisien Korelasi untuk Kelurahan Tasikmadu

Tahun	Jumlah penduduk		(X) x (Y)	(X)²	(Y)²
	data (X)	geomertrik (Y)			
2009	5.025	5.021	27.521.925	25.250.625	25.210.441
2010	5.272	5.329	30.540.696	27.793.984	28.398.241
2011	5.679	5.657	34.795.233	32.251.041	32.001.649
2012	6.173	6.005	40.001.040	38.105.929	36.060.025
2013	6.374	6.374	43.687.396	40.627.876	40.627.879
jumlah	28.523	28.386	176.546.290	164.029.455	162.298.232

Sumber: Hasil perhitungan

Dimisalkan "X" merupakan data jumlah penduduk asli Tunggul Wulung dan "Y" merupakan data jumlah penduduk hasil proyeksi dengan menggunakan metode geometrik Kelurahan Tunggul Wulung. Untuk menghitung koefisien korelasinya digunakan persamaan (2-5) berikut.

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

- $r = \dfrac{(5x191.396.247) - (30.946x30.731)}{\sqrt{(5x192.743.778 - (30.946)^2)x(5x190.064.223 - (30.731)^2)}}$
- .= 0,99723

Untuk Kelurahan Tasikmadu, koefisien korelasinya sebagai berikut:

- $r = \dfrac{n.\sum_{i=1}^{n} X_i.Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i.\sum_{i=1}^{n} Y_i}{\sqrt{\left(n.\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2\right).\left(n.\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)^2\right)}}$
- $r = \dfrac{(5x176.546.290) - (28.523x28.386)}{\sqrt{(5x164.029.455 - (28.523)^2)x(5x162.298.232 - (28.386)^2)}}$
- = 0,99092

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

Tabel 4.9 Uji Kesesuaian Proyeksi Penduduk Tunggul Wulung

No.	Uji kesesuaian	Metode		
		Geometrik	aritmatik	Eksponensial
1	Standar deviasi	544.343	507.892	558.175
2	Koefisien korelasi	0.99723	0.99482	0.99716

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.10 Uji Kesesuaian Proyeksi Penduduk Tasikmadu

No.	Uji kesesuaian	Metode		
		Geometrik	aritmatik	Eksponensial
1	Standar deviasi	535.047	497.434	549.421
2	Koefisien korelasi	0.99092	0.98904	0.99087

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan perhitungan uji kesesuaian proyeksi penduduk pada ke 2 kelurahan, metode geometrik lah yang mendekati kebenaran karena walaupun metode arimatik memiliki standar deviasi terkecil di 2 kelurahan tetapi koefisien korelasinya paling jauh dari +1 di 2 kelurahan, sedangkan metode geometrik pada ke 2 kelurahan memiliki standar deviasi nomer 2 setelah Metode aritmatik dan meliki koefisien korelasi paling mendekati +1 di 2 kelurahan, sehingga metode Geometrik lah yang akan digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk selama 20 tahun. Studi ini terfokus pada Kelurahan Tunggul Wulung dan Tasikmadu yang ada di Kecamatan lowokwaru. Pada perencanaan ini diasumsikan 1 (satu) KK terdapat 5 jiwa penduduk. Berikut merupakan hasil proyeksi penduduk selama 20 tahun.

Tabel 4.11 Proyeksi Penduduk Kelurahan Tunggul Wulung dengan Metode Geometrik

No	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	No.	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)
1	2013	6.854	12	2024	12.698
2	2014	7.249	13	2025	13.431
3	2015	7.667	14	2026	14.205
4	2016	8.109	15	2027	15.024
5	2017	8.577	16	2028	15.890
6	2018	9.071	17	2029	16.806
7	2019	9.594	18	2030	17.775
8	2020	10.148	19	2031	18.800
9	2021	10.733	20	2032	19.884
10	2022	11.352	21	2033	21.031
11	2023	12.006			

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.12 Proyeksi Penduduk Kelurahan Tasikmadu dengan Metode Geometrik

No	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	No.	Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)
1	2013	6.374	12	2024	12.286
2	2014	6.766	13	2025	13.042
3	2015	7.182	14	2026	13.843
4	2016	7.623	15	2027	14.694
5	2017	8.182	16	2028	15.598
6	2018	8.589	17	2029	16.557
7	2019	9.117	18	2030	16.575
8	2020	9.678	19	2031	18.655
9	2021	10.273	20	2032	19.802
10	2022	10.904	21	2033	21.019
11	2023	11.575			

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.11 dan 4.12, dapat diketahui bahwa untuk proyeksi penduduk Kelurahan Tunggul Wulung dan Tasikmadu selama 20 tahun bertutut-turut adalah sebanyak 21.031, 21.019 jiwa penduduk yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan air bersih.

4.1.1 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 100 liter/jiwa/hari. Nilai ini diambil berdasarkan Tabel 2.1 untuk Kota besar dengan penduduk 1.000.000 jiwa.

d. Kebutuhan non domestik

Kebutuhan non domestik dihitung 15% dari kebutuhan domestik, nilai ini diambil dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no. 18/PRT/M//2007 tentang pedoman penyusunan rencana induk pengembangan sistem penyediaan air minum halaman 87.

2. Jumlah penduduk dan tingkat pelayanan.

a. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2033 di Kelurahan Tunggul Wulung dan Tasikmadu adalah 21.031, 21.019 jiwa penduduk

b. Tingkat pelayanan 100%

Persentase ini didasarkan pada kemampuan debit yang tersedia.

c. Jumlah penduduk untuk Keluruhan Tunggul Wulung berdasarkan tingkat pelayanan

Untuk daerah Tunggul Wulung

= 100% x 21.031

= 21.031 jiwa penduduk

d. Jumlah penduduk untuk Kelurahan Tasikmadu berdasarkan tingkat pelayanan

= 100% x 21.019

= 21.019 jiwa penduduk

3. Kebutuhan air bersih

a. Kebutuhan domestik Kelurahan Tunggul Wulung

= jumlah penduduk terlayani x kebutuhan air bersih daerah layanan

$$= \frac{21.031 \times 100}{86400}$$

= 24,341 lt/det

b. Kebutuhan domestik Kelurahan Tasikmadu

= jumlah penduduk terlayani x kebutuhan air bersih daerah layanan

$$= \frac{21.019 \times 100}{86400}$$

= 24,328 lt/det

c. Kebutuhan non domestik Kelurahan Tunggul Wulung

= 15% x kebutuhan domestik

= 0,15 x 24,341

= 3,651 lt/det

d. Kebutuhan non domestik Kelurahan Tasikmadu

= 15% x kebutuhan domestik

= 0,15 x 24,328

= 3,649 lt/det

e. Kehilangan air akibat kebocoran Kelurahan Tunggul Wulung

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

= 0,15 x (24,341 + 3,651)

= 4,199 lt/det

f. Kehilangan air akibat kebocoran Kelurahan Tasikmadu

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

= 0,15 x (24,328 + 3,649)

= 4,197 lt/det

g. Kebutuhan air rata-rata (dengan kebocoran 15%) Kelurahan Tunggul Wulung

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

= 24,341 + 3,651 + 4,199

= 32,191 lt/det

h. Kebuthuan air rata-rata (dengan kebocoran 15%) Kelurahan Tasikmadu

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

= 24,328 + 3,649 + 4,197

= 32,174 lt/det

i. Kebutuhan harian maksimum Kelurahan Tunggul Wulung

= kebutuhan air rata-rata x 1,15

= 32,191 x 1,15

= 37,020 lt/det

j. Kebutuhan harian maksimum Kelurahan Tasikmadu

= kebutuhan air rata-rata x 1,15

= 32,174 x 1,15

= 37,999 lt/det

k. Kebutuhan jam puncak Kelurahan Tunggul Wulung

= kebutuhan air rata-rata x 1,56

= 32,191 x 1,56

= 50,218 lt/det

l. Kebutuhan jam puncak Kelurahan Tasikmadu

= kebutuhan air rata-rata x 1,56

= 32,174 x 1,56

= 50,191 lt/det

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan air bersih pada Kelurahan Tunggul Wulung dan Tasikmadu yang akan tersajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Tiap 5 Tahun Kelurahan Tunggul Wulung

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2013	2018	2023	2028	2033
1	Jumlah penduduk	jiwa	6.854	9.071	12.006	15.890	21.031
2	Jumlah jiwa/rumah	jiwa	5	5	5	5	5
3	Tingkat pelayanan	%	100	100	100	100	100
4	Jumlah penduduk berdasarkan tingkat pelayanan	jiwa	6.854	9.071	12.006	15.890	21.031
5	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/jiwa/hari	100	100	100	100	100
6	Kebutuhan air domestic	lt/dtk	7,933	10,499	13,896	18,391	24,341
7	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan domestik)	lt/dtk	1,190	1,575	2,084	2,759	3.,651
8	Kebutuhan air bersih rata-rata (dengan kebocoran 15%)	lt/dtk	10,491	13,885	18,377	24,323	32,191
9	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air bersih	lt/dtk	12,065	15,968	21,134	27,971	37,020
10	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/dtk	16,366	21,661	28,669	37,943	50,218

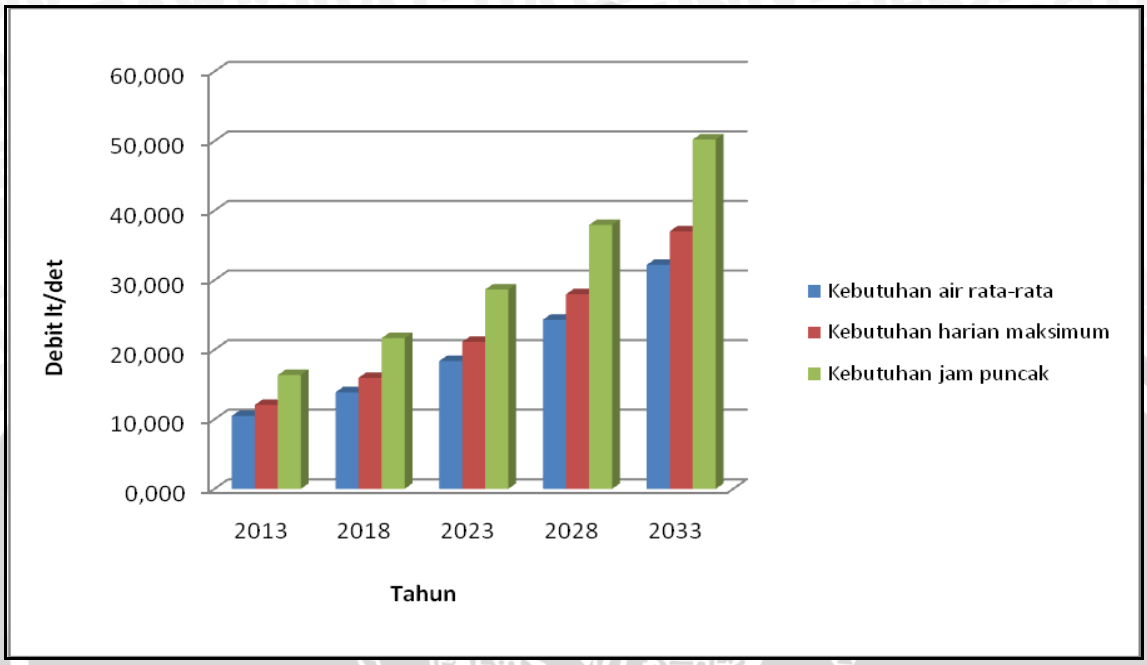
Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.14 Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Tiap 5 Tahun Kelurahan Tasikmadu

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2013	2018	2023	2028	2033
1	Jumlah penduduk	jiwa	6.374	8.589	11.575	15.598	21.019
2	Jumlah jiwa/rumah	jiwa	5	5	5	5	5
3	Tingkat pelayanan	%	100	100	100	100	100
4	Jumlah penduduk berdasarkan tingkat pelayanan	jiwa	6.374	8.589	11.575	15.598	21.019
5	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/jiwa/hari	100	100	100	100	100
6	Kebutuhan air domestic	lt/dtk	7,377	9,941	13,397	18,053	24,328
7	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan domestik)	lt/dtk	1,107	1,491	2,010	2,708	3.,649
8	Kebutuhan air bersih rata-rata (dengan kebocoran 15%)	lt/dtk	9,756	13,148	17,717	23,875	32,174
9	Kebutuhan harian maksimum = 1,15 x	lt/dtk	11,220	15,120	20,375	27,456	36,999

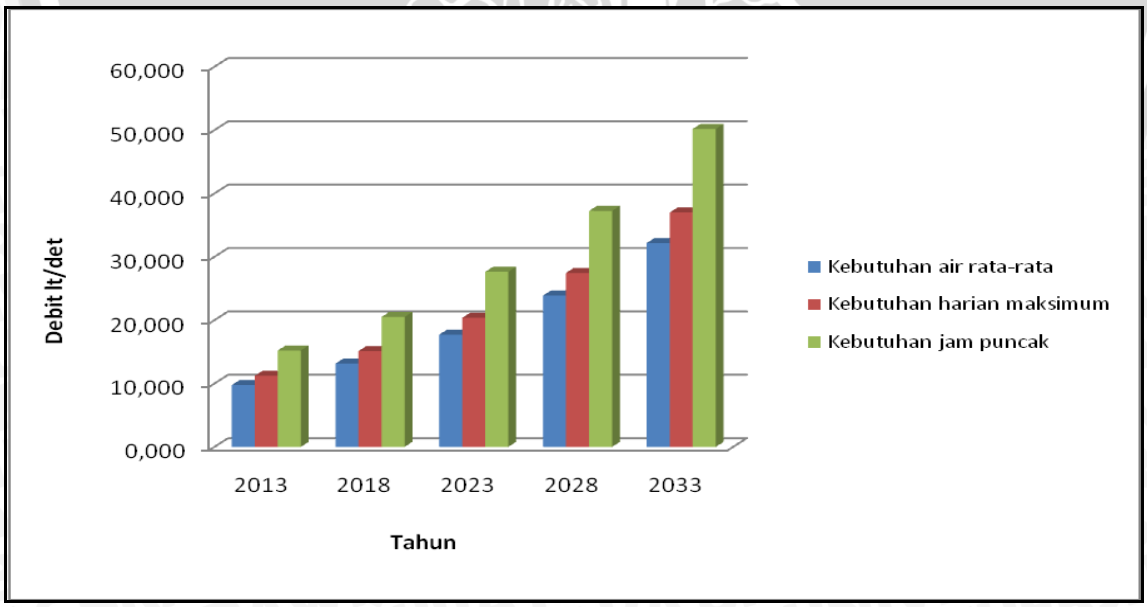
No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2013	2018	2023	2028	2033
	kebutuhan air bersih						
10	Kebutuhan air pada jam puncak = 1,56 x kebutuhan air bersih	lt/dtk	15,220	20,510	27,639	37,245	50,191

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.1 Grafik Kebutuhan Air Bersih di Kelurahn Tunggul Wulung pada tahun 2013 - 2033

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.2 Grafik Kebutuhan Air Bersih di Kelurahan Tasikmadu pada tahun 2013 - 2033

Sumber: Hasil perhitungan

Dari perhitungan yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa untuk tahun 2033 debit yang tersedia (119 lt/det) masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penduduk pada kedua wilayah studi sebesar (50,205 lt/det). Sehingga alternatif-alternatif untuk menambah debit tersedia masih belum dibutuhkan.

4.1.2 Kebutuhan Air Bersih Daerah Layanan Pada Kondisi Existing

Daerah layanan kondisi *existing* pada studi ini dibagi menjadi 9 (sembilan) wilayah daerah pelayanan (zona pelayanan) :

Gambar 4.3. Skema Pelayanan Eksisting Wilayah Studi
Sumber: Google Earth

Penentuan daerah pelayanan ditentukan berdasarkan jaringan pipa sekunder yang ada tanpa mengurangi jumlah pelanggan pada kondisi saat ini. Daerah layanan dibuat untuk mempermudah distribusi kebutuhan air pada titik simpul yang dibutuhkan pada masing-masing pelayanan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui, tekanan, *headloss gradient*, maupun kecepatan air didalam pipa sesuai dengan kriteria perencanaan yang telah ditetapkan.

Perhitungannya diawali dengan membagi saluran sekunder menjadi beberapa daerah layanan, mengetahui jumlah pelanggan pada setiap daerah layanan. Sehingga dengan jumlah pelanggan dikalikan dengan kebutuhan per orang, maka diperoleh kebutuhan air pada masing-masing daerah layanan. Berikut merupakan pembagian daerah layanan dan kebutuhan airnya.

Tabel 4.15 Pembagian Daerah Layanan dan Kebutuhan Air Pada Kondisi Eksisting

Daerah Layanan	**Jumlah**	**Jumlah**	**Kebutuhan**	**Kebutuhan**	**Kebutuhan Air**
(Zona pelayanan)	**pelanggan**	**pelanggan**	**per orang**	**per orang**	**Bersih**
		(orang)	(lt/hari)	(lt/det)	(lt/det)
Zona 1	30	150	100	0.001	0.15
Zona 2	75	375	100	0.001	0.375
Zona 3	40	200	100	0.001	0.2
Zona 4	65	325	100	0.001	0.325
Zona 5	110	550	100	0.001	0.55
Zona 6	175	875	100	0.001	0.875
Zona 7	105	525	100	0.001	0.525
Jumlah	600	3.000			3

Sumber: Hasil perhitungan

<u>Contoh perhitungan pada daerah layanan zona 1 kondisi eksisting</u>

Diketahui data berikut:

- Jumlah Pelanggan (SR) = 30 x 5 = 150 orang
- Kebutuhan per orang (lt/hari) = 100 x 86400 = 0.001 (lt/det)
- Kebutuhan air bersih = Jumlah pelanggan (orang) x Kebutuhan per orang (lt/det)

  = 150 x 0.001

  = 0,15 lt/det

Gambar 4.4 Skema Jaringan Distribusi Air Bersih Pada Kondisi Eksisting

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.1.3 Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Pipa Kondisi Eksisting

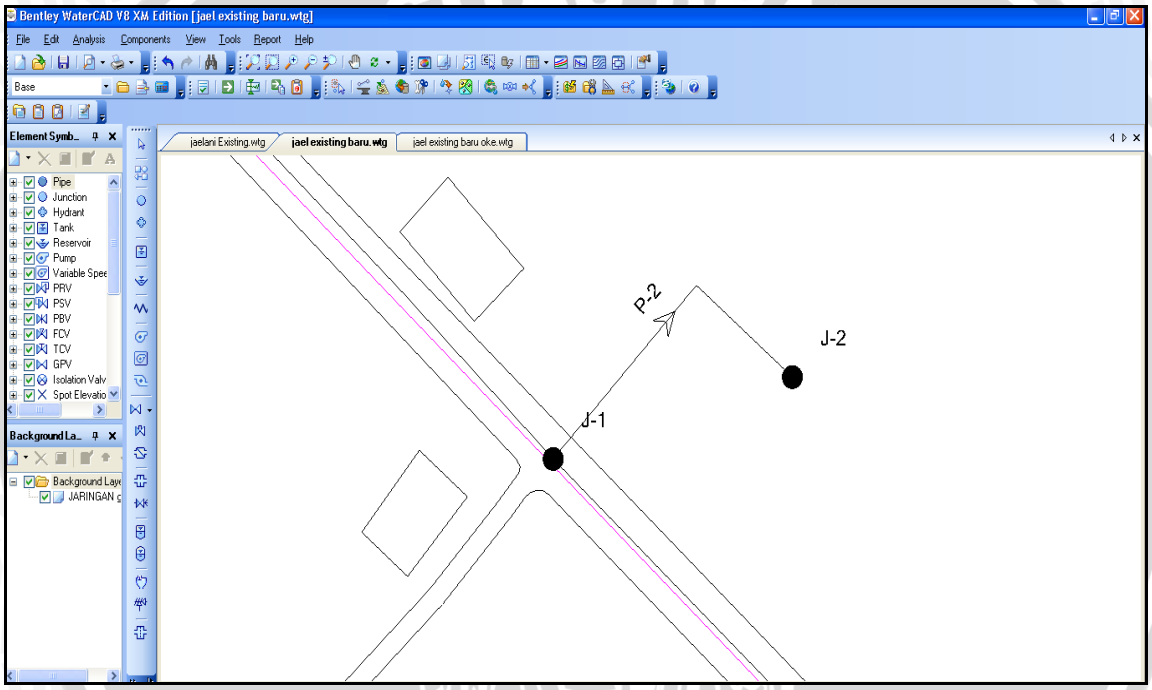
Analisis hidrolika dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran didalam pipa, tetapi sebagai contoh perhitugan maka hanya salah satu pipa saja yang digunakan yaitu pipa pada area perencanaan.

4.1.4 Kehilangan Tekanan (*Head Losses*)

Secara umum didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi yaitu :

4.1.4.1 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. yang menggunakan contoh perhitungan pada pipa 2.



Gambar 4.5 Tampilan Jaringan Pipa 2
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

- Debit (Q) = 0,00023 m^3/det
- Panjang pipa (L) = 260 m
- Koefisien kekasaran pipa (Chw) = 150 (pipa PVC)
- Diameter pipa (D) = 0,05 m

Dari data tersebut sehingga didapatkan,

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

$$k = \frac{10{,}67.(260)}{150^{1{,}85}.0{,}05^{4{,}87}}$$

$$k = 566741{,}5$$

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

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

  $h_f = (566741,5).0,00023^{1,85}$

  h_f = 0,105 m

4.1.4.2 Kehilangan tinggi tekan minor

Dalam menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan minor dapat menggunakan persamaan (2-17) sebagai berikut.

$$h_f = k.\frac{v^2}{2g}$$

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) = 0,00023 m^3/det
- Diameter pipa (D) = 0,05 m

Koefisien kehilangan tinggi tekan minor disesuaikan dengan bentuk pipa

- $A = \frac{1}{4}(3,14x0,05^2)$

  A = 0,002 m^2

- $v = \frac{0,00023}{0,002}$

  v = 0,115 m/det

Sehingga dengan g sebesar 9,81 m/det^2 didapatkan:

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

$$h_f = 0,5x\left(\frac{0,115^2}{2x9,81}\right)$$

h_{lm} = 0,00034 m

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

$$h_f = 0,8x\left(\frac{0,115^2}{2x9,81}\right)$$

h_f = 0,00054 m

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

$$h_f = 1x\left(\frac{0,115^2}{2x9,81}\right)$$

h_f = 0,00067 m

Didapatkan total kehilangan tinggi tekan (*minor losses*) sebesar 0,00125 m

4.1.5 Simulasi Jaringan Perpipaan

Simulasi jaringan perpipaan menggunakan program *waterCAD v.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 perencanaan ini meliputi tandon, pipa dan *junction*. Pengaliran air distribusi dari tandon ke daerah layanan (*junction*) dilakukan secara gravitasi. Jumlah konsumen disesuaikan dengan jumlah pelanggan yang tersedia. 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.

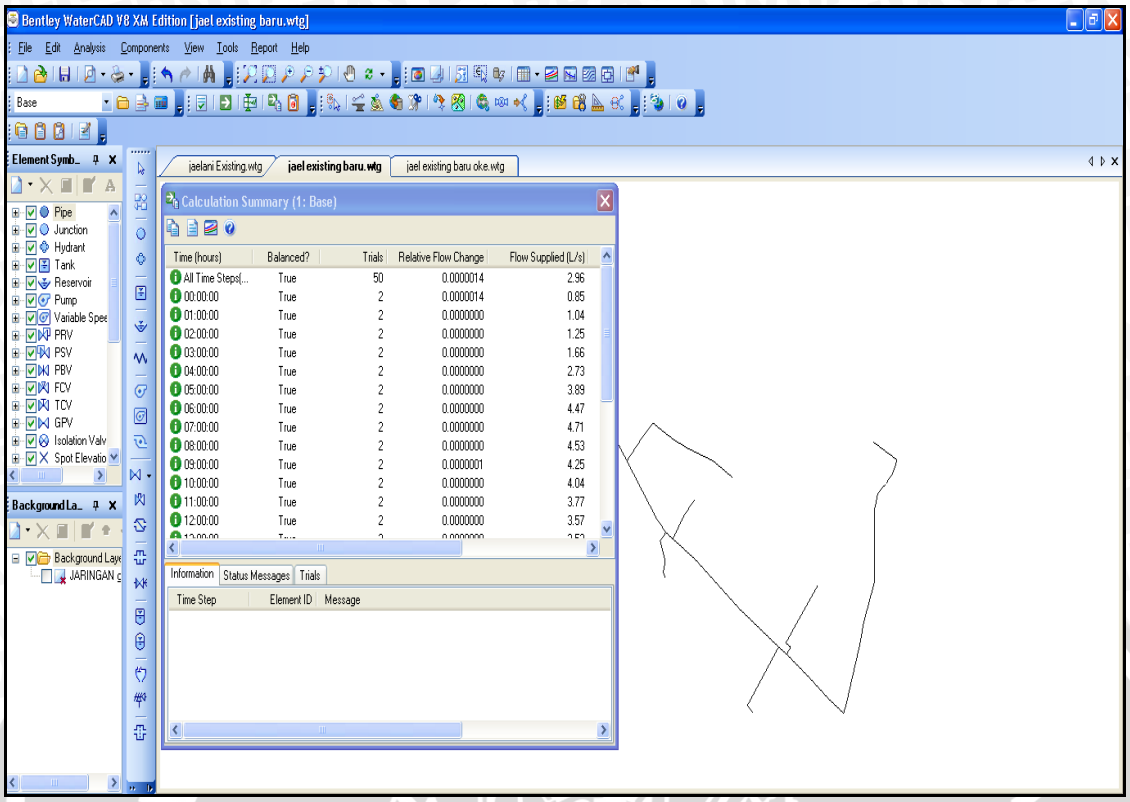
Pada Gambar 4.3. merupakan skema jaringan perpipaan pada kondisi eksisting. Dan pada jaringan perpipaan tersebut dapat dikatakan memenuhi syarat jika memenuhi kondisi berikut.

- Tekanan sisa di tiap-tiap titik simpul (*junction*) 1 - 8 atm.
- Kecepatan dalam pipa yang ideal 0,3 – 4,5 m/det.
- Kemiringan garis hidrolis *(headloss gradient)* tidak lebih dari 15 m/km.

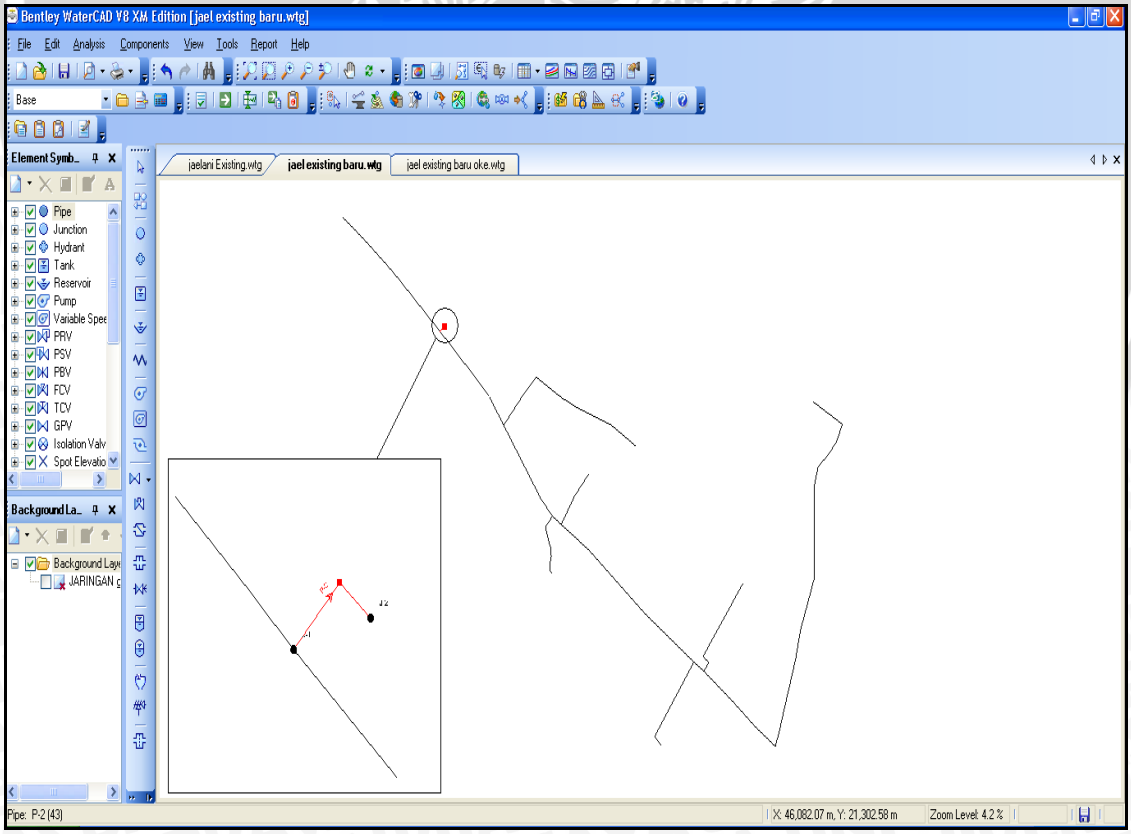
1. Hasil simulasi pada pipa

Diameter pipa Eksisting menyesuaikan dengan data yang tersedia. Berikut merupakan perencanaan jenis pipa dan diameternya.

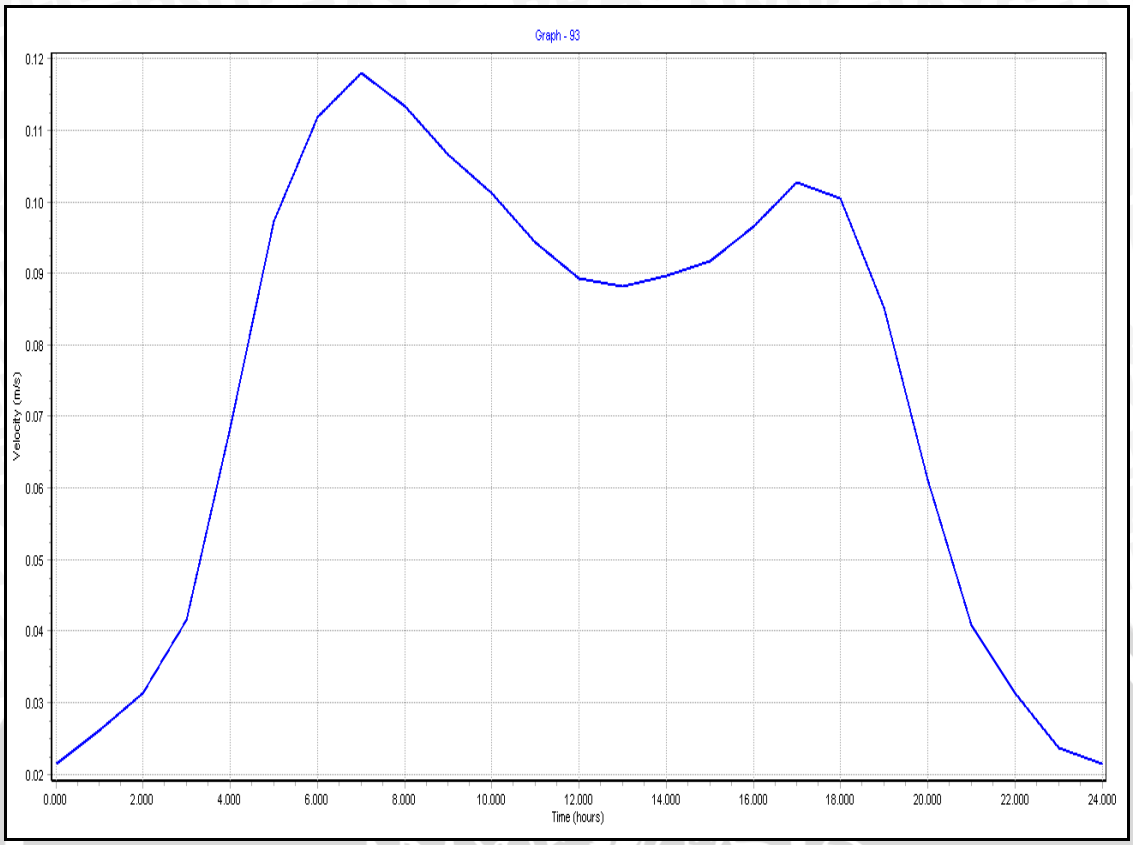
- Menggunakan pipa PVC untuk jaringan distribusi
- Diameter pipa PVC pada saluran primer adalah 8 dim.
- Diameter pipa untuk saluran sekunder 2 – 4 dim
- Diameter pipa yang digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan dari yang direncanakan, sifatnya bisa berubah tergantung kondisi di lapangan.



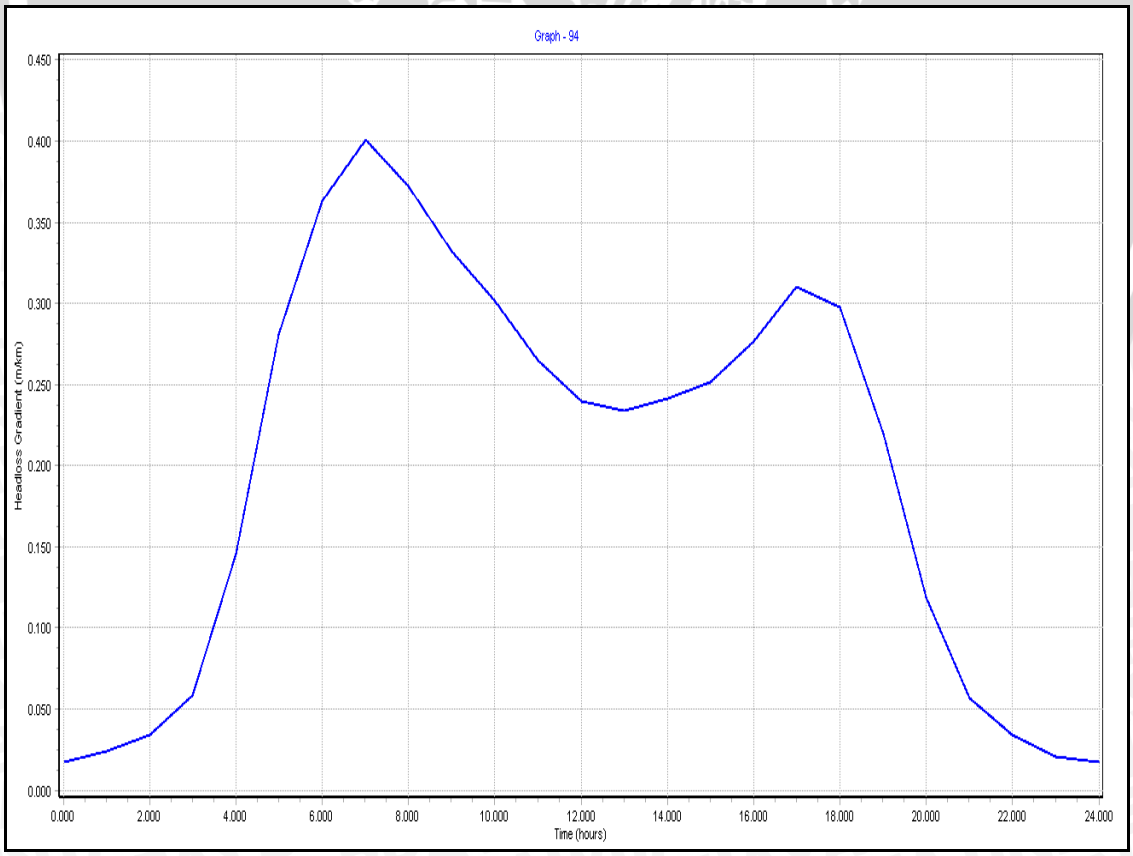
Gambar 4.6 Hasil *Running* Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.7 Pipa 2 Pada Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.8 Grafik Kecepatan Pada Pipa 2
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.9 Grafik *Headloss Gradient* Pada Pipa 2
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

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

- Kecepatan yang terjadi pada simulasi jaringan perpipaan berkisar antara 0,00 m/detik sampai dengan 0,17 m/det. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 WIB sebesar 0,17 m/det dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 WIB sebesar 0,00 m/det.
- *Headloss gradient* pada kondisi jam minimum (pukul 00.00 WIB), ada beberapa pipa yamg tidak memenuhi kriteria karena memiliki *Headloss gradient* pada level 0,00 m/km sedangkan pada jam puncak (pukul 06.00 WIB) tetap memenuhi kriteria yang ditentukan, yaitu berada pada level 0,004 m/km sampai dengan 0,401 m/km.
- Pada pukul 00.00 WIB – 06.00 WIB ada kecepatan pada beberapa pipa yang tidak memenuhi syarat karena kecepatan kurang dari 0,3 m/det sehingga diperlukan langkah-langkah pembenahan, yaitu mengganti ukuran pipa jaringan distribusi air bersih sampai memuhi syarat diatas.

Hasil simulasi pipa kondisi eksisting pada jam minimum (pukul 00.00 WIB) dan jam puncak (pukul 06.00 WIB) dapat diketahui pada tabel berikut.

Tabel 4.16 Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 00.00 WIB

Label	Panjang pipa (m)	Awal titik simpul	Akhir titik simpul	Diameter (Inch)	Jenis pipa	Koefisien Hazen Williams	Kecepatan (m/det)	Kontrol ($0,3 \geq V \geq 4,5$)	Kemiringan garis hidrolis (m/km)	Kontrol hf ≤ 15
P-1	2.700	R-1	J-1	8	PVC	150	0,03	Tidak	0,005	Ya
P-2	260	J-1	J-2	2	PVC	150	0,02	Tidak	0,017	Ya
P-3	750	J-1	J-3	8	PVC	150	0,03	Tidak	0,004	Ya
P-4	650	J-3	J-4	4	PVC	150	0,01	Tidak	0,003	Ya
P-5	260	J-3	J-5	8	PVC	150	0,02	Tidak	0,003	Ya
P-6	150	J-5	J-6	3	PVC	150	0,02	Tidak	0,011	Ya
P-7	35	J-5	J-7	8	PVC	150	0,02	Tidak	0,002	Ya
P-8	145	J-7	J-9	4	PVC	150	0,01	Tidak	0,001	Ya
P-9	530	J-7	J-8	8	PVC	150	0,02	Tidak	0,002	Ya
P-10	240	J-9	J-10	4	PVC	150	0,02	Tidak	0,006	Ya
P-11	15	J-9	J-11	8	PVC	150	0,01	Tidak	0,002	Ya
P-12	220	J-11	J-12	4	PVC	150	0,03	Tidak	0,014	Ya
P-13	300	J-11	J-13	8	PVC	150	0,00	Tidak	0,000	Ya
P-14	800	J-13	J-14	8	PVC	150	0,00	Tidak	0,000	Ya
P-15	210	J-14	J-15	4	PVC	150	0,02	Tidak	0,005	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

Tabel 4.17 Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 06.00 WIB

Label	Panjang pipa (m)	Awal titik simpul	Akhir titik simpul	Diameter (Inch)	Jenis pipa	Koefisien Hazen Williams	Kecepatan (m/det)	Kontrol ($0,3 \geq V \geq 4,5$)	Kemiringan garis hidrolis (m/km)	Kontrol $hf \leq 15$)
P-1	2.700	R-1	J-1	8	PVC	150	0,14	Tidak	0,104	Ya
P-2	260	J-1	J-2	2	PVC	150	0,11	Tidak	0,363	Ya
P-3	750	J-1	J-3	8	PVC	150	0,13	Tidak	0,095	Ya
P-4	650	J-3	J-4	4	PVC	150	0,07	Tidak	0,071	Ya
P-5	260	J-3	J-5	8	PVC	150	0,11	Tidak	0,072	Ya
P-6	150	J-5	J-6	3	PVC	150	0,12	Tidak	0,242	Ya
P-7	35	J-5	J-7	8	PVC	150	0,10	Tidak	0,054	Ya
P-8	145	J-7	J-9	4	PVC	150	0,04	Tidak	0,020	Ya
P-9	530	J-7	J-8	8	PVC	150	0,09	Tidak	0,045	Ya
P-10	240	J-9	J-10	4	PVC	150	0,10	Tidak	0,128	Ya
P-11	15	J-9	J-11	8	PVC	150	0,06	Tidak	0,025	Ya
P-12	220	J-11	J-12	4	PVC	150	0,16	Tidak	0,301	Ya
P-13	300	J-11	J-13	8	PVC	150	0,02	Tidak	0,004	Ya
P-14	800	J-13	J-14	8	PVC	150	0,02	Tidak	0,004	Ya
P-15	210	J-14	J-15	4	PVC	150	0,09	Tidak	0,117	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

Tabel 4.18 Analisis Data Simulasi Pada Pukul 00.00 WIB

No	Label	Kecepatan (m/det)	Kontrol (0,3 ≥ V ≥ 4,5)	Alasan	Solusi
1	P-1	0,03	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
2	P-2	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
3	P-3	0,03	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
4	P-4	0,01	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
5	P-5	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
6	P-6	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
7	P-7	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
8	P-8	0,01	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
9	P-9	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
10	P-10	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
11	P-11	0,01	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
12	P-12	0,03	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
13	P-13	0,00	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
14	P-14	0,00	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
15	P-15	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
16	P-16	0,03	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
17	P-17	0,02	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

Tabel 4.19 Analisis Data Simulasi Pada Pukul 06.00 WIB

No	Label	Kecepatan (m/det)	Kontrol (0,3 ≥ V ≥ 4,5)	Alasan	Solusi
1	P-1	0,03	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
2	P-2	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
3	P-3	0,03	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
4	P-4	0,01	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
5	P-5	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
6	P-6	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
7	P-7	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
8	P-8	0,01	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
9	P-9	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
10	P-10	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
11	P-11	0,01	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
12	P-12	0,03	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
13	P-13	0,00	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
14	P-14	0,00	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
15	P-15	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
16	P-16	0,03	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa
17	P-17	0,02	TIDAK	Pukul 06.00 merupakan kebutuhan puncak pada daerah tersebut	Mengganti diameter pipa

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

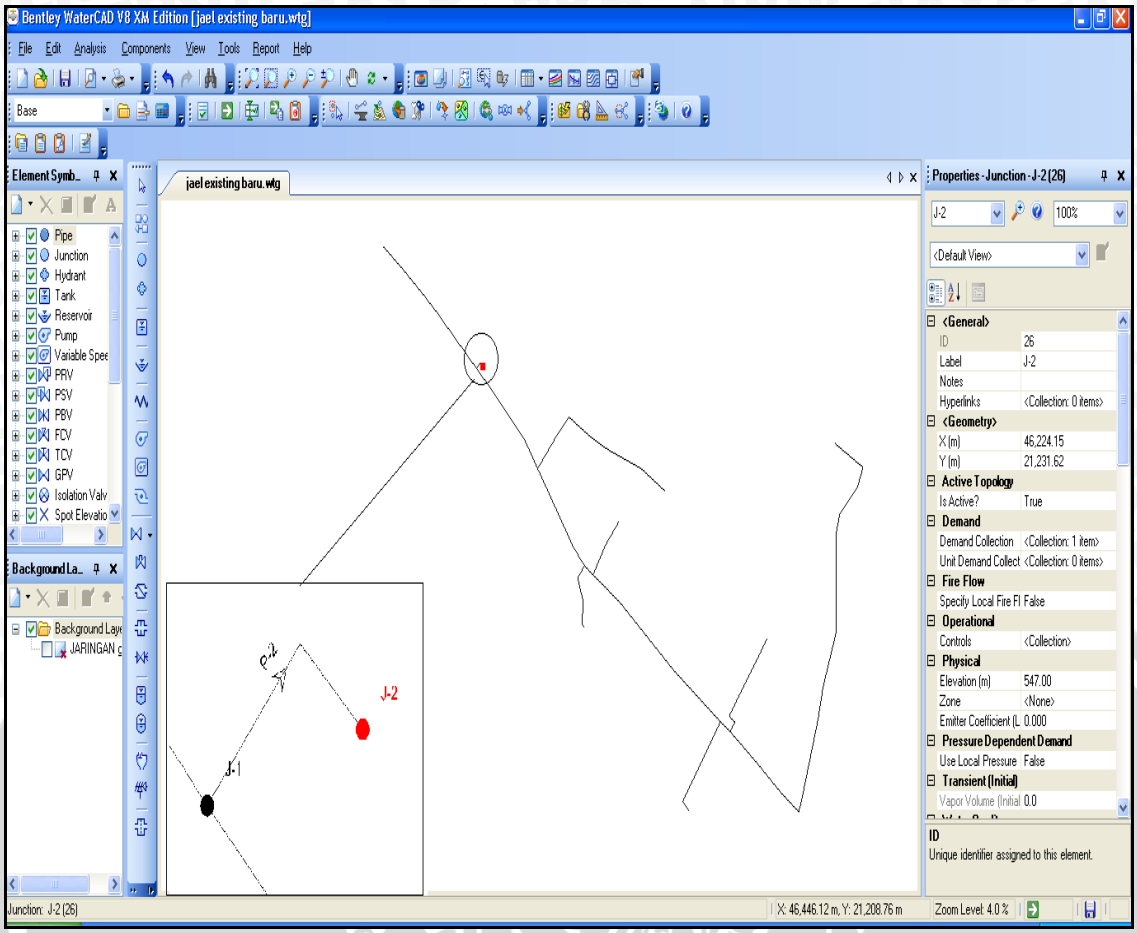
Hasil simulasi diatas menunjukan bahwa aliran di dalam pipa tidak berjalan dengan baik karena kecepatan alirannya kurang dari 0,3 m/det baik pada pukul 00.00 WIB dan pada pukul 06.00 WIB, sehinnga diperlukan perencanaan ulang dengan cara mengganti diameter pipa sehingga memenuhi syarat-syarat dalam perencanaan jaringan perpipaan.

2. Hasil simulasi pada *junction*

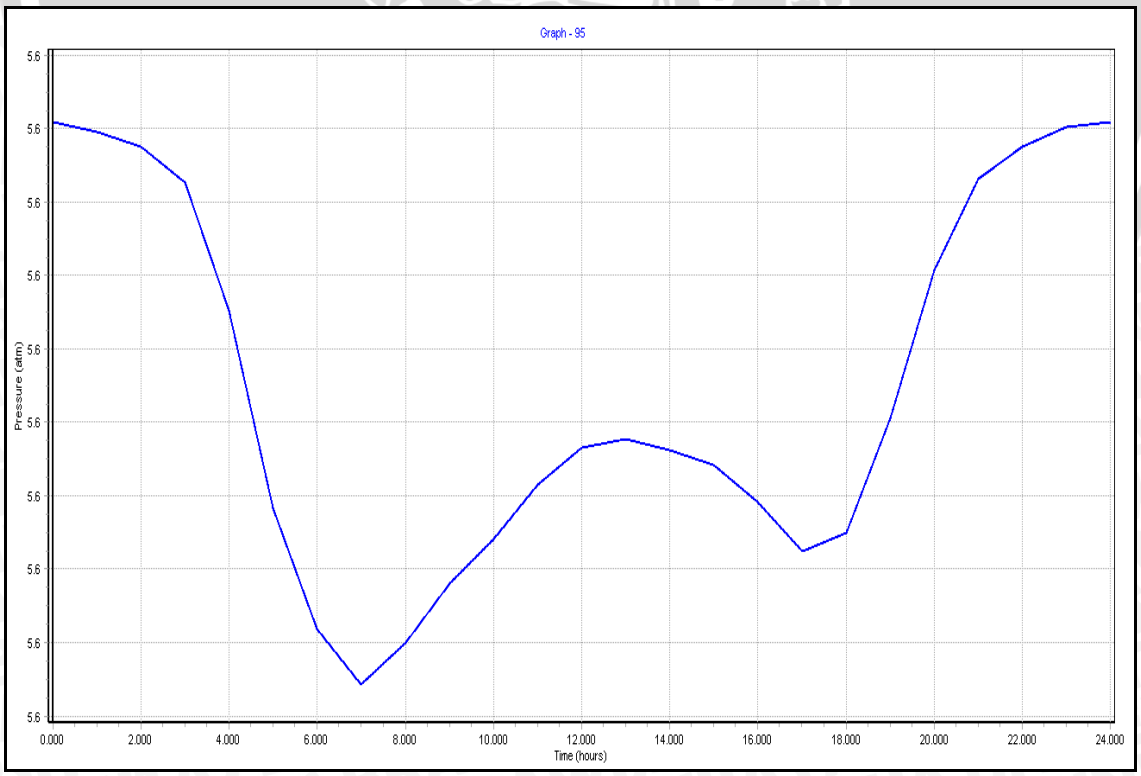
Tekan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Letak dan besarnya kebutuhan air tiap *junction* ditentukan sebagai berikut.

- Derah layanan dibagi menjadi 7 (tujuh) daerah layanan dan tiap daerah layanan diwakili oleh satu *junction*.
- Besarnya kebutuhan ditentukan berdasarkan pelanggan yang ada.
- Dapat direncanakan *junction* pembagi yang berfungsi membagi air pada percabangan. Sehingga tidak ada kebutuhan pada *junction* tersebut.

Pada studi ini direncanakan pemakaian tipikal dengan dasar perhitungan kebutuhan air tiap *junction* adalah luas daerah layanan. Berikut merupakan hasil simulasi dari titik simpul (*junction*).



Gambar 4.10 *Junction* 2 Pada Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.11 Grafik Fluktuasi Tekanan Pada *Junction* 2
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

Tabel 4.20 Hasil Simulasi *Junction* Pada Pukul 00.00 WIB

No	Label	Elevasi (m)	Kebutuan (lt/det)	Tekanan (atm)	Kontrol (1 ≥ p ≥ 8)
1	J-1	534.00	0	6,9	Ya
2	J-2	547.00	0,4	5,6	Ya
3	J-3	528.00	0	7,4	Ya
4	J-4	527.00	0,11	7,5	Ya
5	J-5	531.00	0	7,1	Ya
6	J-6	525.00	0,10	7,7	Ya
7	J-7	529.00	0	7,3	Ya
8	J-8	536.00	0,06	6,7	Ya
9	J-9	526.00	0	7,6	Ya
10	J-10	523.00	0,15	7,9	Ya
11	J-11	526.00	0	7,6	Ya
12	J-12	527.00	0,24	7,5	Ya
13	J-13	524.00	0	7,8	Ya
14	J-14	523.00	0	7,9	Ya
15	J-15	523.00	0,15	7,9	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

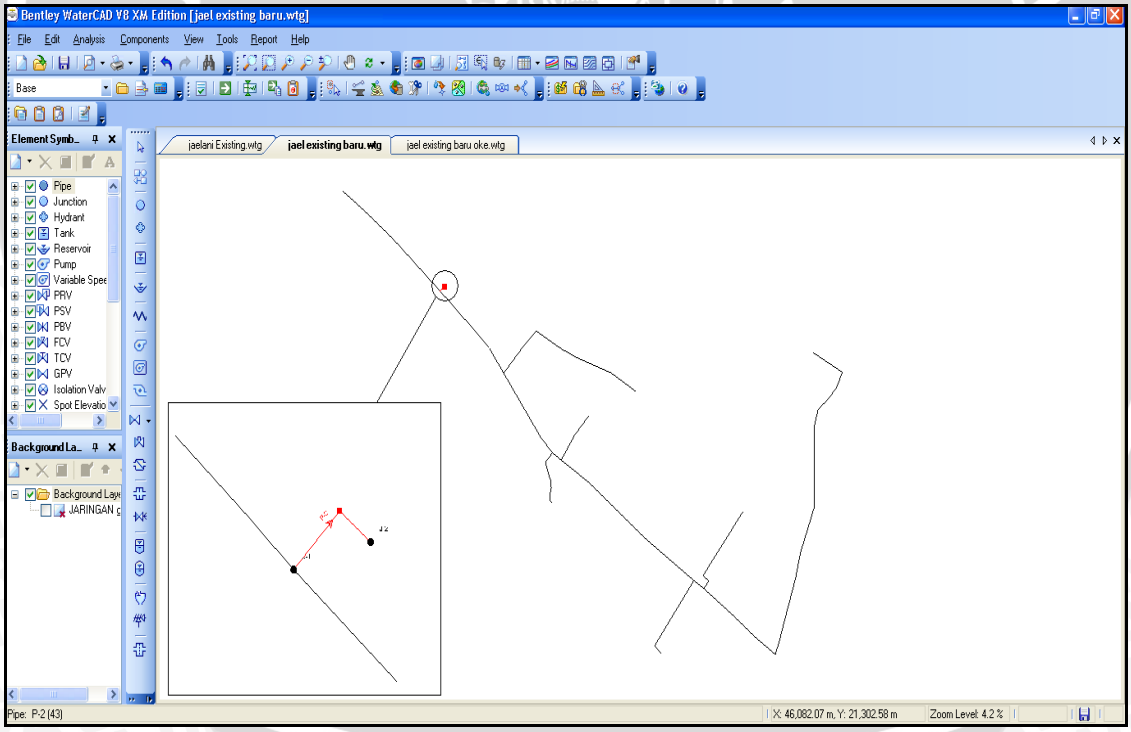
Tabel 4.21 Hasil Simulasi *Junction* Pada Pukul 06.00 WIB

No	Label	Elevasi (m)	Kebutuan (lt/det)	Tekanan (atm)	Kontrol (1 ≥ p ≥ 8)
1	J-1	534.00	0	6,8	Ya
2	J-2	547.00	0,22	5,6	Ya
3	J-3	528.00	0	7,4	Ya
4	J-4	527.00	0,59	7,5	Ya
5	J-5	531.00	0	7,1	Ya
6	J-6	525.00	0,51	7,7	Ya
7	J-7	529.00	0	7,3	Ya
8	J-8	536.00	0,29	6,6	Ya
9	J-9	526.00	0	7,6	Ya
10	J-10	523.00	0,81	7,9	Ya
11	J-11	526.00	0	7,6	Ya
12	J-12	527.00	1,28	7,5	Ya
13	J-13	524.00	0	7,8	Ya
14	J-14	523.00	0	7,9	Ya
15	J-15	523.00	0,77	7,9	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

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

- Contoh titik simpul J-15 (titik simpul terjauh) diperoleh tekanan sisa sesuai dengan kriteria. Tekanan maksimum terjadi saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 WIB sebesar 7,9 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 06.00 WIB sebesar 7,9 atm.
- Dari keseluruhan titik simpul pada kondisi eksisting, semua telah memenuhi syarat dan sesuai dengan ketentuan yang diterapakan yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tahun 2007.
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00-06.00 WIB. Tekanan naik saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 06.00-12.00 WIB. Kemudian tekanan kembali rendah dan naik seperti pada siklus yang ditunjukkan koefisien faktor pengali *(load factor*) terhadap kebutuhan air baku. Kondisi ini juga terjadi pada semua titik simpul (*junction*) yang ada.



Gambar 4.12 Pipa 2 Pada Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v.8 XM Edition*

Untuk melakukan kalibrasi simulasi hidrolika dapat digunakan perhitungan sederhana berikut.

Data Pipa-6 hasil *Running WaterCAD v.8 XM Edition* (Pukul 06.00 WIB)

- Panjang pipa : 150 m
- Diameter : 3 inchi = 0,075 m

- Material : PVC
- Koef. Hazen W : 150
- Debit : 0,51 liter/det = 0,51 x 10^{-3} m/det
- Kecepatan : 0,12 m/det
- *Headloss gradient* : 0,242 m/km

<u>Rumus *Hazen-Williams*</u>

$$V = 0{,}85.C_{hw}.R^{0{,}63}.S^{0{,}54}$$

Sehingga didapatkan :

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

  $= \frac{0{,}075}{4} = 0{,}01875$ m

- $S = \frac{hf}{L} = 0{,}000242$ m/m

  = 0,000242 x 150

  hf = 0,0363 m

- $V = 0{,}85.C_{hw}.R^{0{,}63}.S^{0{,}54}$

  = 0,85 . 150 . $0{,}01875^{0{,}63}$. $0{,}000242^{0{,}54}$

  = 0,12 m/det

- Q = V . A

  = V . A dimana A = 2 x 10^{-3} m^2

  = 0,12 m/det . 2 x 10^{-3} m^3/det

  = 2.4 x 10^{-4}

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

- $k = \frac{10{,}67.150}{150^{1{,}85}\ 0{,}075^{4{,}87}}$

  = 45387,715

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

  = 45387,715 . $(2{,}4x10^{-4})^{1{,}85}$

  = 0,0361 m

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

4.2 Kebutuhan Air Daerah Layanan Pada Daerah Pengembangan

Untuk daerah pengembangan, daerah layanan dibagi menjadi 10 (sepuluh) wilayah daerah pelayanan. Berikut merupakan gambaran kondisi daerah pelayanan.

Gambar 4.13 Skema Pelayanan Pengembangan Wilayah Studi
Sumber: Google earth

Pada daerah pengembangan Perhitungan diawali dengan membagi jalur rencana pipa menjadi beberapa daerah layanan. Total luas area disini dianggap mewakili total jumlah penduduk, yang berarti juga mewakili jumlah kebutuhan rata-rata wilayah studi. Sehingga dengan membandingkan luas masing-masing daerah layanan dengan luas keseuruhan wilayah dikalikan dengan jumlah kebutuhan rata-rata, maka diperoleh kebutuhan air pada masing-masing daerah layanan. Berikut merupakan pembagian daerah layanan dan kebutuhan airnya.

Tabel 4.22 Pembagian Daerah Layanan dan Kebutuhan Air Pada Pengembangan

Daerah layanan	Luasan (m^2)	Kebutuhan air (liter/detik)	Kebutuhan air (m^3/detik)	Kebutuhan air (m^3/hari)	Jumlah penduduk (jiwa)	Jumlah KK (jiwa)
		25,809	0,0258	2.229,90	31.954	6.391
1	16.600	0,50	0,0005	43,17	619	124
2	252.000	7,58	0,0076	655,30	9.390	1.878
3	138.200	4,16	0,0042	359.38	5.150	1.030
4	37.980	1,14	0,0011	98,76	1.415	283
5	94.650	2,85	0,0028	246,13	3.527	705
6	120.000	3,61	0,0036	312,05	4.472	894
7	24.520	0,74	0,0007	63,76	914	183
8	8.710	0,26	0,0003	22,65	325	65
9	81.670	2,46	0,0025	212,38	3.043	609
10	83.190	2,50	0,0025	216,33	3.100	620
Jumlah	857.520	25,806			31.954	6.391

Sumber: Hasil perhitungan

Contoh perhitungan pada daerah layanan 8

Diketahui data berikut:

- Luas wilayah total = 857.520 m^2
- Jumlah penduduk proyeksi (2033) = 31.954 jiwa
- Kebutuhan air rata-rata = 0,26 lt/det

Maka didapatkan jumlah penduduk daerah layanan 1

$$= \frac{8.710}{857.520} x(31.954) = 325 \text{ jiwa}$$

Kebutuhan air daerah layanan 1

$$= \frac{8.710}{857.520} x(25{,}806) = 0{,}26 \text{ lt/det}$$

$$= \frac{0{,}26}{1000} x(86.400) = 22{,}65 \text{ m}^3\text{/hari}$$

Gambar 4.14 Skema Jaringan Distribusi Air Bersih Pada Saat Pengembangan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.2.1 Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Pipa Pada Saat Pengembangan

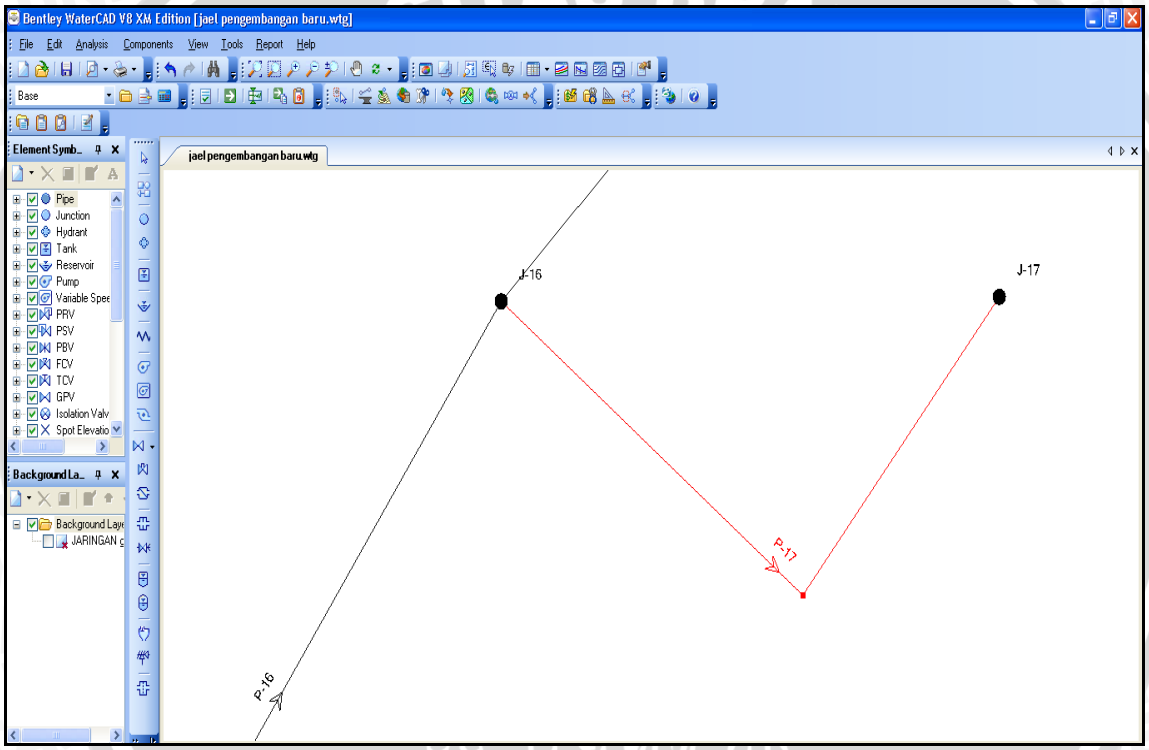
Analisis hidrolika dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran didalam pipa, tetapi sebagai contoh perhitugan maka hanya salah satu pipa saja yang digunakan yaitu pipa pada area perencanaan.

4.2.2 Kehilangan Tekanan (*Head Losses*)

Secara umum didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi yaitu :

4.2.2.1 Kehilangan tinggi tekan mayor

Kehilangan tinggi tekan pada pipa akibat gesekan *(major losses)*, dapat dihitung dengan persamaan (2-15) dan (2-17). Pada studi ini didesain menggunakan perencanaan sesuai dengan data berikut. yang menggunakan contoh perhitungan pada pipa 20.



Gambar 4.15 Tampilan Jaringan Pipa 17
Sumber: Program *WaterCAD v.8 XM Edition*

- Debit (Q) pada jam 06.00 = 0,00038 m^3/det
- Panjang pipa (L) = 97 m
- Koefisien kekasaran pipa (Chw) = 150 (pipa PVC)
- Diameter pipa (D) = 0,0380 m

Dari data tersebut sehingga didapatkan,

- $k = \dfrac{10{,}67.L}{C_{hw}^{1{,}85}.D^{4{,}87}}$

$$k = \frac{10,67.(97)}{150^{1,85}.0,0380^{4,87}}$$

k = 804684,1

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

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

  $h_f = (804684,1).0,00038^{1,85}$

  h_f = 0,3786 m

4.2.2.2 Kehilangan tinggi tekan minor

Dalam menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan minor dapat menggunakan persamaan (2-17) sebagai berikut.

$$h_f = k.\frac{v^2}{2g}$$

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) pada jam 06.00 = 0,00038 m^3/det
- Diameter pipa (D) = 0,0380 m

Koefisien kehilangan tinggi tekan minor disesuaikan dengan bentuk pipa dan dapat diketahui dari tabel 2.9. Berikut merupakan analisa perhitungannya.

- $A = \frac{1}{4}(3,14x0,0380^2)$

  A = 0,0011335 m^2

- $V = \frac{0,00038}{0,0011335}$

  V = 0,335 m/det

Sehingga dengan g sebesar 9,81 m/detik^2 didapatkan:

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

$$h_f = 0,5x\left(\frac{0,335^2}{2x9,81}\right)$$

H_f = 0,00286 m

e. akibat belokan, dengan k = 0,8 (belokan 90^0)

$$h_f = 0{,}8x\left(\frac{0{,}335^2}{2x9{,}81}\right)$$

H_f = 0,00458 m

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

$$h_f = 1x\left(\frac{0{,}335^2}{2x9{,}81}\right)$$

H_f = 0,00572 m

Didapatkan total kehilangan tinggi tekan (*minor losses*) sebesar 0,033 m

4.2.3 Simulasi Jaringan Perpipaan

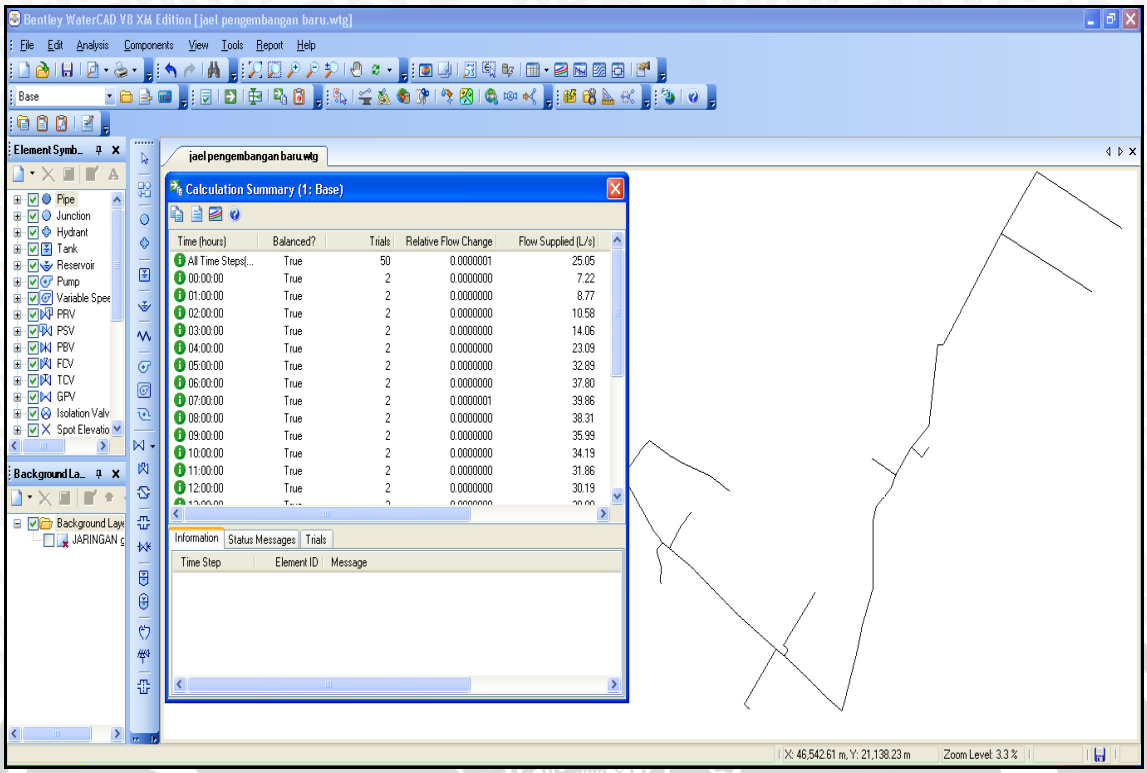
Pada Gambar 4.13. merupakan skema jaringan perpipaan pada pengembangan. Dan pada jaringan perpipaan tersebut dapat dikatakan memenuhi syarat jika memenuhi kondisi berikut.

- Tekanan sisa di tiap-tiap titik simpul (*junction*) minimum 1-8 atm.
- Kecepatan dalam pipa yang ideal 0,3 – 4,5 m/det.
- Kemiringan garis hidrolis *(headloss gradient)* tidak lebih dari 15 m/km.

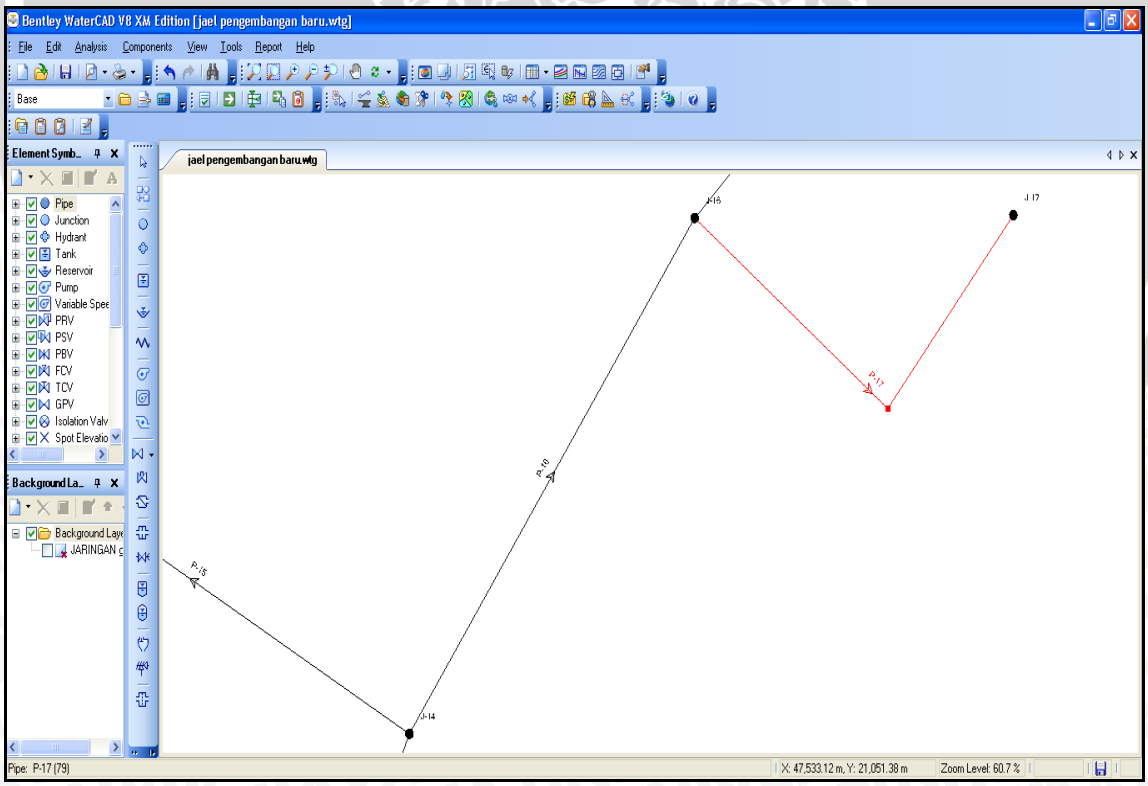
1. Hasil simulasi pada pipa

Diameter pipa pada pengembangan menyesuaikan dengan data yang tersedia. Berikut merupakan perencanaan jenis pipa dan diameternya.

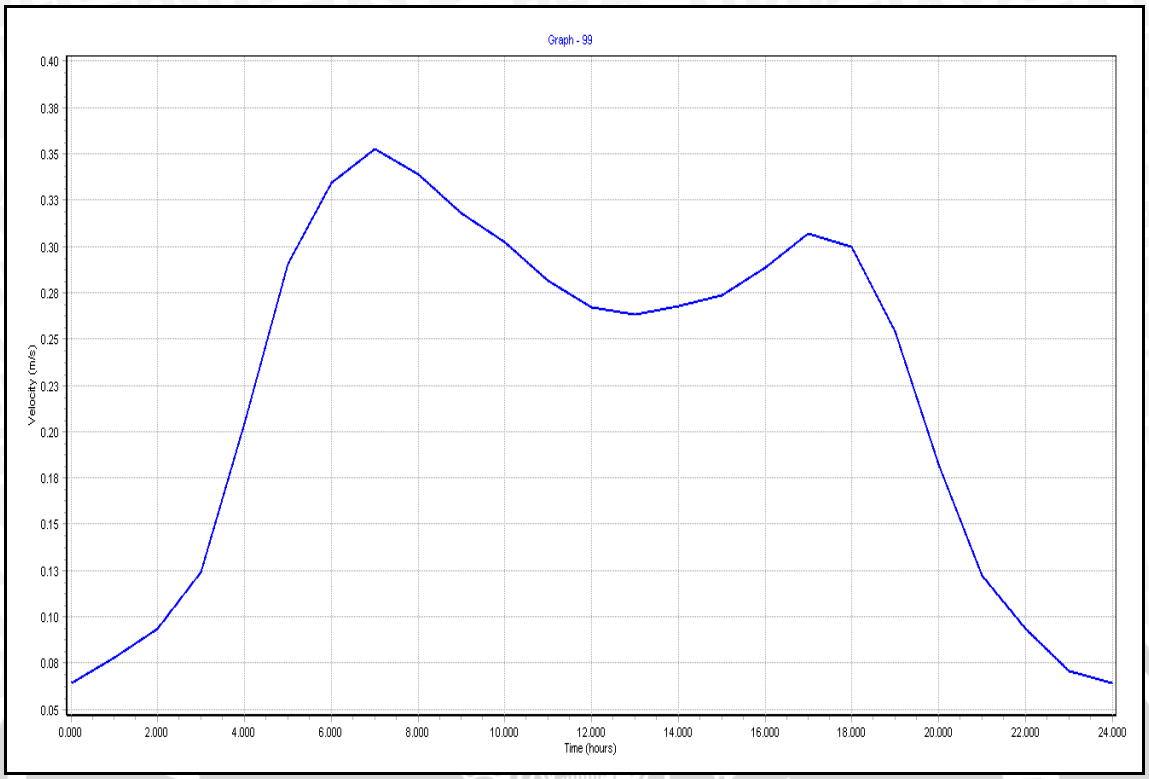
- Menggunakan pipa PVC untuk jaringan distribusi pada pengembangan.
- Diameter pipa PVC pada pengembangan adalah 1,5 – 8 dim.
- Diameter pipa yang digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan dari yang direncanakan, sifatnya bisa berubah tergantung kondisi di lapangan.



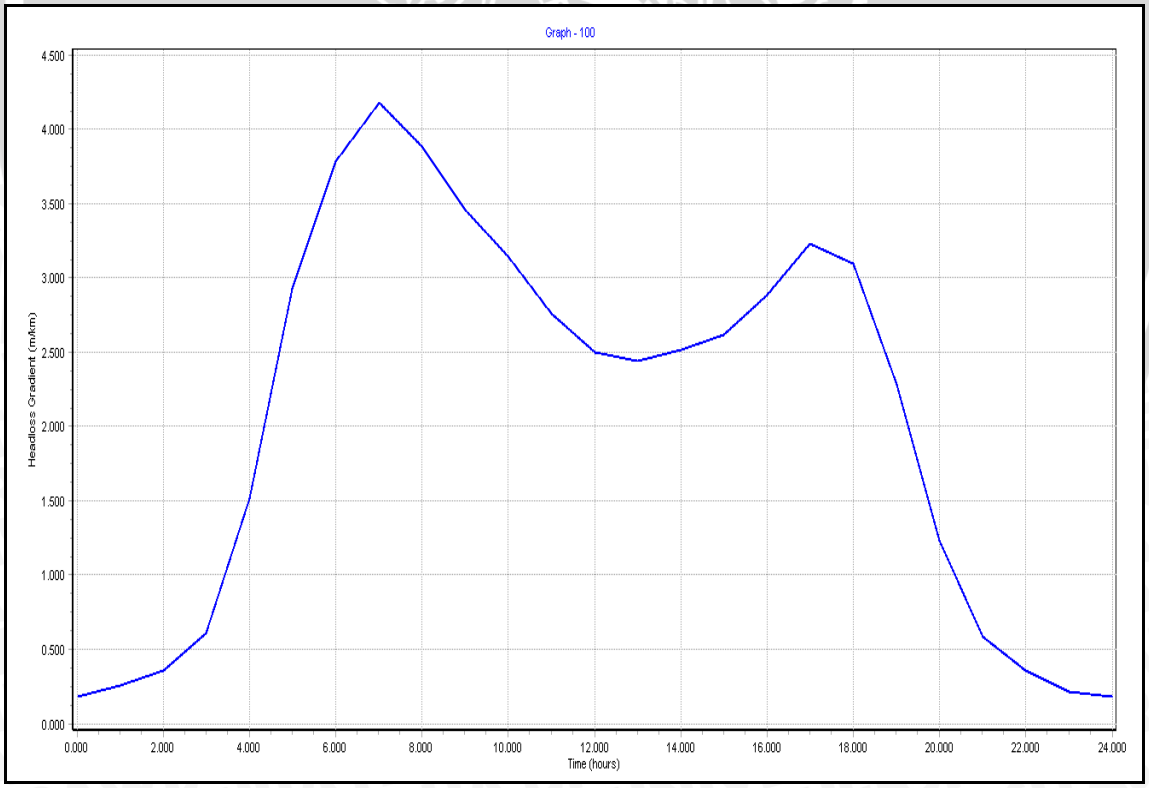
Gambar 4.16. Hasil *Running* Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.17. Pipa 17 Pada Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v.8 XM Edition*



Gambar 4.18. Grafik Kecepatan Pada Pipa 17
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*



Gambar 4.19. Grafik *Headloss Gradient* Pada Pipa 20
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

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

- Kecepatan yang terjadi pada simulasi jaringan perpipaan berkisar antara 0,06 m/det sampai dengan 1,23 m/det. Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 07.00 WIB sebesar 1,23 m/det dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 WIB sebesar 0,06 m/det.
- *Headloss gradient* pada kondisi jam minimum dan jam puncak tetap memenuhi kriteria yang ditentukan, yaitu berada pada level 0,04 m/km (pukul 00.00 WIB) sampai dengan 8,265 m/km (pukul 07.00 WIB).
- Pada pukul 00.00 WIB ada kecepatan pada beberapa pipa yang tidak memenuhi syarat karena kecepatan kurang dari 0,3 m/det. Akan tetapi hal tersebut masih bisa ditoleransi mengingat pada pukul tersebut mayoritas penduduk tidak melakukan aktivitas.

Hasil simulasi pipa kondisi pengembangan pada jam minimum (pukul 00.00 WIB) dan jam puncak (pukul 06.00 WIB) dapat diketahui pada tabel berikut.

Tabel 4.23. Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 00.00 WIB

Label	Panjang pipa (m)	Awal titik simpul	Akhir titik simpul	Diameter (Inch)	Jenis pipa	Koefisien Hazen Williams	Kecepatan (m/det)	Kontrol (0,3 ≥ V ≥ 4,5)	Kemiringan garis hidrolis (m/km)	Kontrol hf ≤ 15
P-1	2.700	R-1	J-1	8	PVC	150	0,22	Tidak	0,253	Ya
P-2	260	J-1	J-2	2	PVC	150	0,07	Tidak	0,158	Ya
P-3	750	J-1	J-3	8	PVC	150	0,22	Tidak	0,244	Ya
P-4	650	J-3	J-4	5	PVC	150	0,17	Tidak	0,259	Ya
P-5	260	J-3	J-5	8	PVC	150	0,15	Tidak	0,126	Ya
P-6	150	J-5	J-6	4	PVC	150	0,14	Tidak	0,253	Ya
P-7	35	J-5	J-7	8	PVC	150	0,12	Tidak	0,077	Ya
P-8	145	J-7	J-9	3	PVC	150	0,07	Tidak	0,093	Ya
P-9	530	J-7	J-8	8	PVC	150	0,11	Tidak	0,065	Ya
P-10	240	J-9	J-10	4	PVC	150	0,10	Tidak	0,125	Ya
P-11	15	J-9	J-11	8	PVC	150	0,08	Tidak	0,040	Ya
P-12	220	J-11	J-12	4	PVC	150	0,12	Tidak	0,194	Ya
P-13	300	J-11	J-13	6	PVC	150	0,09	Tidak	0,068	Ya
P-14	800	J-13	J-14	6	PVC	150	0,09	Tidak	0,068	Ya
P-15	210	J-14	J-15	2	PVC	150	0,10	Tidak	0,302	Ya
P-16	95	J-14	J-16	6	PVC	150	0,08	Tidak	0,053	Ya
P-17	97	J-16	J-17	1.5	PVC	150	0,06	Tidak	0,176	Ya
P-18	97	J-16	J-18	6	PVC	150	0,08	Tidak	0,049	Ya
P-19	512	J-18	J-19	4	PVC	150	0,17	Tidak	0,350	Ya
P-20	178	J-19	J-20	4	PVC	150	0,17	Tidak	0,349	Ya
P-21	820	J-20	J-21	6	PVC	150	0,08	Tidak	0,049	Ya
P-22	570	J-21	J-22	4	PVC	150	0,08	Tidak	0,095	Ya
P-23	365	J-21	J-23	4	PVC	150	0,09	Tidak	0,098	Ya
P-24	595	J-23	J-24	4	PVC	150	0,09	Tidak	0,098	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

Tabel 4.24. Hasil Simulasi Pipa Pada Pukul 06.00 WIB

Label	Panjang pipa (m)	Awal titik simpul	Akhir titik simpul	Diameter (Inch)	Jenis pipa	Koefisien Hazen Williams	Kecepatan (m/det)	Kontrol (0,3 ≥ V ≥ 4,5)	Kemiringan garis hidrolis (m/km)	Kontrol hf ≤ 15
P-1	2.700	R-1	J-1	8	PVC	150	1,17	Ya	5,426	Ya
P-2	260	J-1	J-2	2	PVC	150	0,37	Ya	3,380	Ya
P-3	750	J-1	J-3	8	PVC	150	1,14	Ya	5,233	Ya
P-4	650	J-3	J-4	5	PVC	150	0,88	Ya	5,541	Ya
P-5	260	J-3	J-5	8	PVC	150	0,80	Ya	2,706	Ya
P-6	150	J-5	J-6	4	PVC	150	0,75	Ya	5,408	Ya
P-7	35	J-5	J-7	8	PVC	150	0,61	Ya	1,649	Ya
P-8	145	J-7	J-9	3	PVC	150	0,37	Ya	1,997	Ya
P-9	530	J-7	J-8	8	PVC	150	0,56	Ya	1,401	Ya
P-10	240	J-9	J-10	4	PVC	150	0,51	Ya	2,684	Ya
P-11	15	J-9	J-11	8	PVC	150	0,43	Ya	0,863	Ya
P-12	220	J-11	J-12	4	PVC	150	0,65	Ya	4,159	Ya
P-13	300	J-11	J-13	6	PVC	150	0,48	Ya	1,461	Ya
P-14	800	J-13	J-14	6	PVC	150	0,48	Ya	1,460	Ya
P-15	210	J-14	J-15	2	PVC	150	0,53	Ya	6,466	Ya
P-16	95	J-14	J-16	6	PVC	150	0,42	Ya	1,142	Ya
P-17	97	J-16	J-17	1.5	PVC	150	0,33	Ya	3,784	Ya
P-18	97	J-16	J-18	6	PVC	150	0,40	Ya	1,039	Ya
P-19	512	J-18	J-19	4	PVC	150	0,90	Ya	7,490	Ya
P-20	178	J-19	J-20	4	PVC	150	0,90	Ya	7,490	Ya
P-21	820	J-20	J-21	6	PVC	150	0,40	Ya	1,039	Ya
P-22	570	J-21	J-22	4	PVC	150	0,44	Ya	2,044	Ya
P-23	365	J-21	J-23	4	PVC	150	0,45	Ya	2,106	Ya
P-24	595	J-23	J-24	4	PVC	150	0,45	Ya	2,106	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

Tabel 4.25. Analisis Data Simulasi Pada Pukul 00.00 WIB

No	Label	Kecepatan (m/det)	Kontrol (0,3 ≥ V 4,5)	Alasan	Solusi
1	P-3	0,22	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
2	P-4	0,07	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
3	P-5	0,22	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
4	P-6	0,17	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
5	P-7	0,15	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
6	P-8	0,14	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
7	P-9	0,12	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
8	P-10	0,07	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
9	P-11	0,11	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
10	P-12	0,10	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
11	P-14	0,08	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
12	P-15	0,12	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
13	P-16	0,09	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
14	P-17	0,09	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
15	P-18	0,10	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
16	P-19	0,08	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
17	P-20	0,06	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
18	P-21	0,08	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
19	P-22	0,17	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
20	P-23	0,17	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
21	P-24	0,08	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
22	P-25	0,08	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
23	P-26	0,09	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–
24	P-27	0,09	TIDAK	Pukul 00.00 merupakan kebutuhan paling minimal pada daerah tersebut	–

Sumber: Hasil Perhitungan

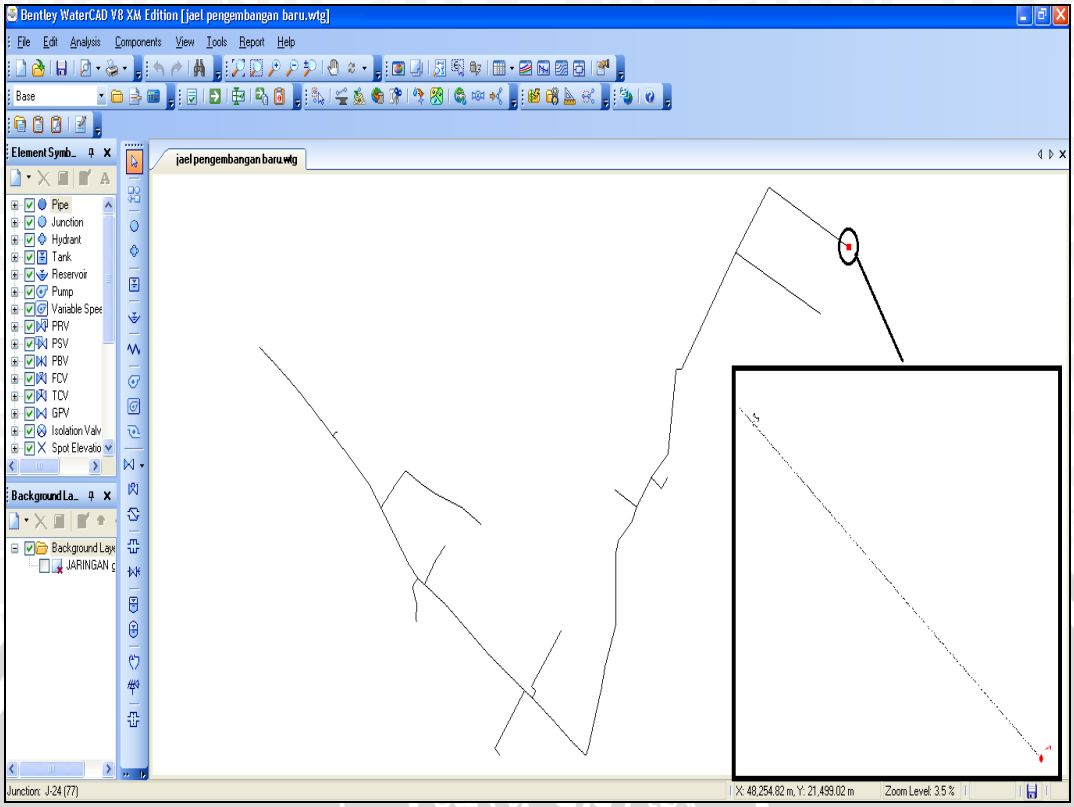
Hasil simulasi diatas menunjukan bahwa beberapa aliran di dalam pipa sebagian tidak berjalan dengan baik karena kecepatan alirannya kurang dari 0,3 m/det , hal itu terjadi pada pukul 00.00 WIB karena pada jam-jam tersebut merupakan kebutuhan paling minimal dalam penggunaan kebutuhan air bersih, namun sebaliknya pada pukul 06.00 WIB cendrung sangat aktif dalam pengoperasiannya hal ini disebabkan karena pada jam sekian penduduk setempat mulai melaksanakan aktifitasnya hal itu dibuktikan dengan kecepatan rata-rata aliran sebesar 0,6 m/det pada pipa, sehingga hal tersebut sudah cukup untuk mengalirkan air ke masing-masing rumah.

2. Hasil simulasi pada *junction*

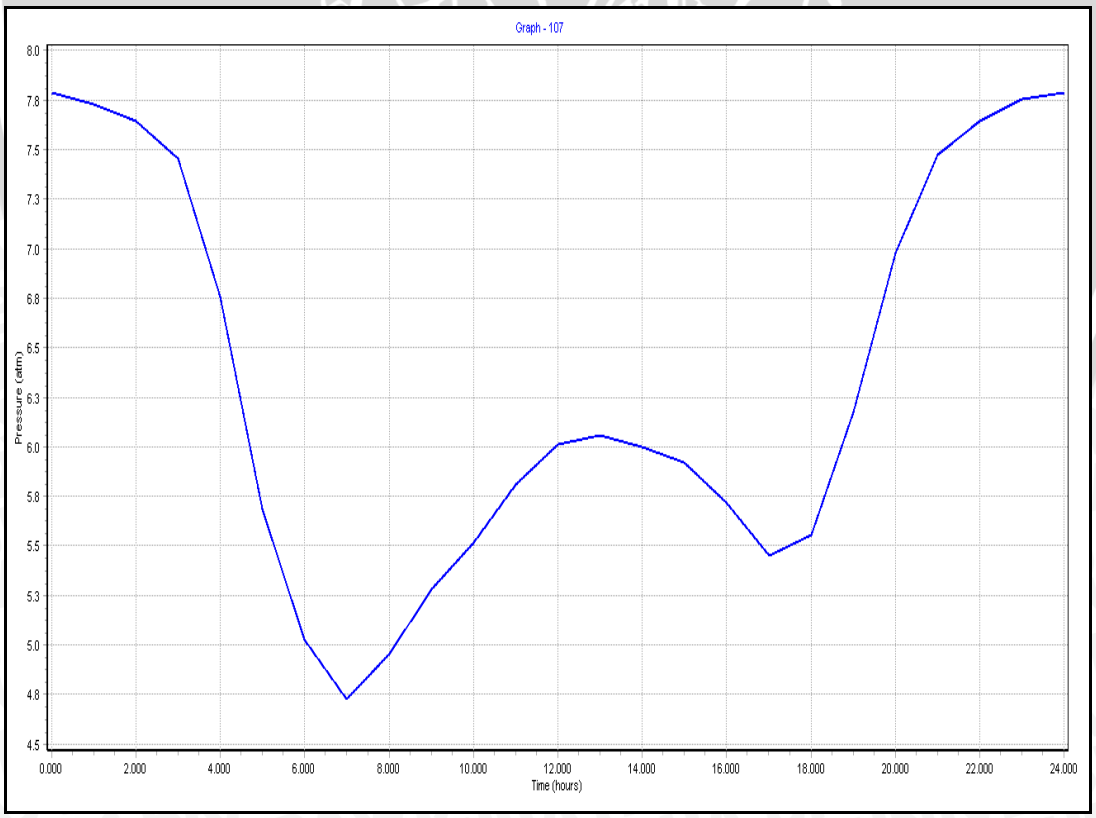
Tekan sisa pada titik simpul merupakan selisih antara elevasi tinggi tekan pada titik simpul (HGL) dengan elevasi titik simpul tersebut. Letak dan besarnya kebutuhan air tiap *junction* ditentukan sebagai berikut.

- Derah layanan dibagi menjadi 10 (sepuluh) daerah layanan dan tiap daerah layanan diwakili oleh satu *junction*.
- Besarnya kebutuhan ditentukan berdasarkan jumlah penduduk yang ada.
- Dapat direncanakan *junction* pembagi yang berfungsi membagi air pada percabangan. Sehingga tidak ada kebutuhan pada *junction* tersebut.

Pada studi ini direncanakan pemakaian tipikal dengan dasar perhitungan kebutuhan air tiap *junction* adalah luas daerah layanan. Berikut merupakan hasil simulasi dari titik simpul (*junction*).



Gambar 4.20. *Junction* 34 Pada Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v.8 XM Edition*



Gambar 4.21. Grafik Fluktuasi Tekanan Pada *Junction* 34
Sumber: Program *WaterCAD v.8 XM Edition*

Tabel 4.26. Hasil Simulasi *Junction* Pada Pukul 00.00 WIB

No	Label	Elevasi (m)	Kebutuhan (lt/det)	Tekanan (atm)	Kontrol (1 ≥ p ≥ 8)
1	J-1	534.00	0,00	6,8	Ya
2	J-2	547.00	0,14	5,5	Ya
3	J-3	528.00	0,00	7,4	Ya
4	J-4	527.00	2,12	7,4	Ya
5	J-5	531.00	0,00	7,1	Ya
6	J-6	525.00	1,16	7,6	Ya
7	J-7	529.00	0,00	7,3	Ya
8	J-8	536.00	0,32	6,6	Ya
9	J-9	526.00	0,00	7,5	Ya
10	J-10	523.00	0,80	7,8	Ya
11	J-11	526.00	0,00	7,5	Ya
12	J-12	527.00	1,01	7,4	Ya
13	J-13	524.00	0,00	7,7	Ya
14	J-14	523.00	0,00	7,8	Ya
15	J-15	523.00	0,21	7,8	Ya
16	J-16	522.00	0,00	7,9	Ya
17	J-17	523.00	0,07	7,8	Ya
18	J-18	522.00	0,00	7,9	Ya
19	J-19	524.00	0,00	7,7	Ya
20	J-20	523.00	0,00	7,8	Ya
21	J-21	525.00	0,00	7,6	Ya
22	J-22	523.00	0,69	7,8	Ya
23	J-23	524.00	0,00	7,7	Ya
24	J-24	523.00	0,70	7,8	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.27 Hasil Simulasi *Junction* Pada Pukul 06.00 WIB

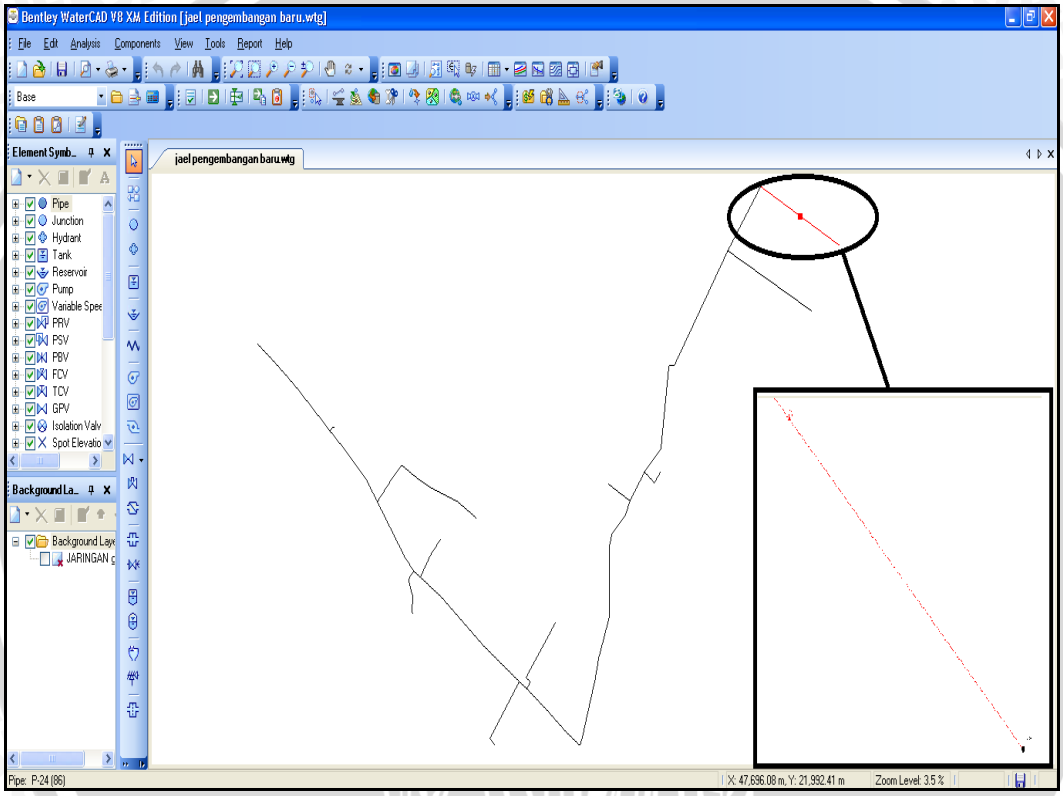
No	Label	Elevasi (m)	Kebutuhan (lt/det)	Tekanan (atm)	Kontrol (1 ≥ p ≥ 8)
1	J-1	534.00	0,00	5,4	Ya
2	J-2	547.00	0,73	4,1	Ya
3	J-3	528.00	0,00	5,6	Ya
4	J-4	527.00	11,1	5,4	Ya
5	J-5	531.00	0,00	5,3	Ya
6	J-6	525.00	6,09	5,8	Ya
7	J-7	529.00	0,00	5,5	Ya
8	J-8	536.00	1,67	4,8	Ya
9	J-9	526.00	0,00	5,7	Ya
10	J-10	523.00	4,18	5,9	Ya
11	J-11	526.00	0,00	5,7	Ya
12	J-12	527.00	5,29	5,5	Ya
13	J-13	524.00	0,00	5,8	Ya
14	J-14	523.00	0,00	5,8	Ya
15	J-15	523.00	1,08	5,7	Ya
16	J-16	522.00	0,00	5,9	Ya
17	J-17	523.00	0,38	5,8	Ya
18	J-18	522.00	0,00	5,9	Ya
19	J-19	524.00	0,00	5,3	Ya
20	J-20	523.00	0,00	5,3	Ya
21	J-21	525.00	0,00	5,0	Ya
22	J-22	523.00	3,60	5,1	Ya
23	J-23	524.00	0,00	5,1	Ya
24	J-24	523.00	3,66	5,0	Ya

Sumber: Hasil *running* menggunakan *WaterCAD v.8 XM Edition*

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

- Contoh titik simpul J-24 (titik simpul terjauh) diperoleh tekanan sisa sesuai dengan kriteria. Tekanan maksimum terjadi saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 WIB sebesar 7,8 atm. Sedangkan tekanan minimum terjadi pada saat jam puncak yaitu pukul 06.00 WIB sebesar 5,0 atm.

- Dari keseluruhan titik simpul pada kondisi pengembangan, semua telah memenuhi syarat dan sesuai dengan ketentuan yang diterapakan yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tahun 2007.
- Tekanan rendah dimulai pada saat kebutuhan akan air meningkat yaitu pada pukul 00.00 - 06.00 WIB. Tekanan naik saat kebutuhan air mulai menurun yaitu pada pukul 06.00 -12.00 WIB. Kemudian tekanan kembali rendah dan naik seperti pada siklus yang ditunjukkan koefisien faktor pengali *(load factor*) terhadap kebutuhan air baku. Kondisi ini juga terjadi pada semua titik simpul (*junction*) yang ada.



Gambar 4.22 Pipa 34 Pada Skema Jaringan Perpipaan
Sumber: Program *WaterCAD v. 8 XM Edition*

Untuk melakukan kalibrasi simulasi hidrolika dapat digunakan perhitungan sederhana berikut.

Data Pipa-34 hasil *Running WaterCAD v.8 XM Edition* (Pukul 06.00 WIB)

- Panjang pipa : 595 m
- Diameter : 4 inchi = 0,100 m
- Material : PVC
- Koef. Hazen W : 150
- Debit : 3,66 liter/det = 3,66 x 10^{-3} m/det
- Kecepatan : 0,45 m/det

- *Headloss gradient* : 2,106 m/km

<u>Rumus *Hazen-Williams*</u>

$V = 0{,}85.C_{hw}.R^{0{,}63}.S^{0{,}54}$

Sehingga didapatkan :

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

  $= \frac{0{,}100}{4} = 0{,}025$ m

- $S = \frac{hf}{L} = 0{,}002106$ m/m

  = 0,002106 x 595

  hf = 1,253 m

- $V = 0{,}85.C_{hw}.R^{0{,}63}.S^{0{,}54}$

  = 0,85 . 150 . $0{,}025^{0{,}63}$. $0{,}002106^{0{,}54}$

  = 0,45 m/det

- Q = V . A

  = V . A dimana A = 7,85 x 10^{-3} m^2

  = 3,66 x 10^{-3} m^3/det

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

- $k = \frac{10{,}67.595}{150^{1{,}85}\ 0{,}100^{4{,}87}}$

  = 44351,933

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

  = 44351,933 . $(3{,}66x10^{-3})^{1{,}85}$

  = 1,253 m

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

4.3 Pergantian Pipa Pada Saat Perencanaan Pengembangan

Sehubungan dengan adanya perencanaan pengembangan, mengalami suatu permasalahan yaitu pada pipa P 4 dan P 6 pada kondisi eksisting. Dimana Kemiringan garis hidrolis melebihi standart 15 m/km . Pipa P 8, P 13, P 14, P 15, P 17, P 23. Dimana

kecepatan pada jam sibuk (06.00) kurang dari standart yang ditentukan yaitu 0,3. Untuk menstabilkannya dengan cara merubah diameter pipa tersebut.

Tabel 4.28 Pergantian Pipa

No	Nama Pipa	Pipa Lama		Pipa Baru	
		Panjang (m)	Diameter (Inch)	Panjang (m)	Diameter (m)
1	P 4	650	4	650	5
2	P 6	150	3	150	4
3	P 8	145	4	145	3
4	P 13	300	8	300	6
5	P 14	800	8	800	6
6	P 15	210	4	210	2
7	P 17	97	2	97	1.5
8	P 23	365	6	365	4

Sumber: Hasil perhitungan

4.4 Anggaran Biaya Perencanaan Pengembagan Jaringan Distribusi Air Bersih

Dalam studi ini juga membahas tentang rencana anggaran biaya untuk melaksanakan pengembangan jaringan distribusi air bersih Di Kecamatan Kedungkandang Kota Malang.

Tabel 4.29 Ukuran Pipa dan Harga Pipa Tiap 4 m

No	Nama Pipa	Panjang	Diameter	Jumlah	Harga	
		(m)	(Inch)	Pipa	Per Batang	Total
1	P-1	2.700	8	675	661.500,00	446.512.500,00
2	P-2	260	2	65	50.000,00	3.250.000,00
3	P-3	750	8	188	661.500,00	124.362.000,00
4	P-4	650	5	163	283.500,00	46.210.500,00
5	P-5	260	8	65	661.500,00	42.997.500,00
6	P-6	150	4	38	163.000,00	6.194.000,00
7	P-7	35	8	9	661.500,00	5.953.500,00
8	P-8	145	3	36	97.500,00	3.510.000,00
9	P-9	530	8	133	661.500,00	87.979.500,00
10	P-10	240	4	60	163.000,00	9.780.000,00
11	P-11	15	8	4	661.500,00	2.646.000,00
12	P-12	220	4	55	163.000,00	8.965.000,00
13	P-13	300	6	75	395.000,00	29.625.000,00
14	P-14	800	6	200	395.000,00	79.000.000,00
15	P-15	210	2	53	50.000,00	2.650.000,00
16	P-16	95	6	24	395.000,00	9.480.000,00
17	P-17	97	1.5	25	40.000,00	1.000.000,00
18	P-18	97	6	25	395.000,00	9.875.000,00
19	P-19	512	4	128	163.000,00	20.864.000,00
20	P-20	178	4	45	163.000,00	7.335.000,00
21	P-21	820	6	205	395.000,00	80.975.000,00
22	P-22	570	4	143	163.000,00	23.309.000,00
23	P-23	365	4	91	163.000,00	14.833.000,00
24	P-24	595	4	149	163.000,00	24.287.000,00

No	Nama Pipa	Panjang (m)	Diameter (Inch)	Jumlah Pipa	Harga	
					Per Batang	Total
	Jumlah	**10594**		**2654**		**1.091.593.500,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

1. Jumlah pipa didapat dari panjang pipa dibagi 4 m

Tabel 4.30 Per Diameter Pipa dan Harga Pipa

No	Uraian Kegiatan	Volume		Harga	
				Satuan	Total
1	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 8 Inch	1074	bh	661.500,00	710.451.000,00
2	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 6 Inch	529	bh	395.000,00	208.955.000,00
3	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 5 Inch	163	bh	283.500,00	46.210.500,00
4	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 4 Inch	709	bh	163.000,00	115.567.000,00
5	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 3 Inch	36	bh	97.500,00	3.510.000,00
6	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 2 Inch	118	bh	50.000,00	5.900.000,00
7	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 1.5 Inch	25	bh	40.000,00	1.000.000,00
				Jumlah	**1.091.593.500,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.31 Harga Sambungan Pipa dan Hidrant

No	Nama Barang		Diameter (Inch)	Jumlah Pipa	Jumlah Sambungan	Harga	
						Perbatang	Total
1	Sambungan Pipa 0,200	Lurus	-	1074	1073	162.000,00	173.826.000,00
		Elbow 90	-	-	-	-	-
		Elbow 45	-	-	2	160.000,00	320.000,00
		Tee	-	-	-	-	-
		Reducer Tee	8-2		1	280.500,00	28.500,00
			8-3		1	375.000,00	375.000,00
			8-4		3	560.000.00	1.680.000,00
			8-6		1	750.000,00	750.000,00
		Reducer	8-6	-	1	65.000,00	65.000,00
2	Sambungan Pipa 0,150	Lurus	-	529	528	82.000,00	43.296.000,00
		Elbow 90	-	-	1	121.000,00	121.000,00
		Elbow 45	-	-	6	85.000,00	510.000,00
		Tee	-	-	-	-	-
		Reducer Tee	6-2	-	1	155.000,00	155.000,00
			6-1.5		1	120.000,00	120.000,00
		Reducer	6-4	-	2	30.000,00	60.000,00
3	Sambungan Pipa 0,125	Lurus	-	163	162	73.000,00	11.826.000,00
		Elbow 90	-	-	1	137.000,00	137.000,00
		Elbow 45	-	-	1	95.000,00	95.000,00
		Tee	-	-	-	-	-
		Reducer Tee	-	-	-	-	-
4	Sambungan	Lurus	-	719	718	39.000,00	28.002.000,00

No	Nama Barang		Diameter (Inch)	Jumlah Pipa	Jumlah Sambungan	Harga	
						Perbatang	Total
	Pipa 0,100	Elbow 90	-	-	5	53.000,00	265.000,00
		Elbow 45	-	-	1	60.000,00	60.000,00
		Tee	4-4	-	1	65.000,00	65.000,00
		Reducer Tee	-	-	-	-	-
5	Sambungan Pipa 0,075	Lurus	-	36	35	19.000,00	665.000,00
		Elbow 90	-	-	-	-	-
		Elbow 45	-	-	-	-	-
		Tee	-	-	-	-	-
		Reducer Tee	-	-	-	-	-
6	Sambungan Pipa 0,050	Lurus	-	118	117	8.000,00	936.000,00
		Elbow 90	-	-	1	10.500,00	10.500,00
		Elbow 45	-	-	-	-	-
		Tee	-	-	-	-	-
		Reducer Tee	-	-	-	-	-
7	Sambungan Pipa 0,0375	Lurus	-	25	24	5.500,00	132.000,00
		Elbow 90	-	-	1	6.500,00	6.500,00
		Elbow 45	-	-	-	-	-
		Tee	-	-	-	-	-
		Reducer Tee	-	-	-	-	-
8	Hidrant 2 jalur		4	-	2	5.411.800,00	10.823.600,00
				Jumlah		**8.368.800,00**	**275.445.100,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.32 Per Diameter Pada Sambungan Pipa dan Harga Pipa

No	Uraian Kegiatan	Volume		Harga
1	Sambungan Ø 8 Inch	1082	Bh	177.044.500,00
2	Sambungan Ø 6 Inch	539	Bh	44.855.000,00
3	Sambungan Ø 5 Inch	164	Bh	12.363.000,00
4	Sambungan Ø 4 Inch	725	Bh	28.609.000,00
5	Sambungan Ø 3 Inch	35	Bh	665.000,00
6	Sambungan Ø 2 Inch	118	Bh	946.500,00
7	Sambungan Ø 1.5 Inch	26	Bh	138.500,00
8	Hidrant 2 lubang Ø 100 mm	2	Bh	10.823.600,00
		Jumlah		**275.445.100,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk rincian pekerjaan selanjutnya dijelaskan pada table selanjutnya.

Jenis Pekerjaan : Galian tanah keras sedalam 1 m

Satuan pekerjaan : m^3

Tabel 4.33 Galian tanah keras sedalam 1 m

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	GALIAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	1,000	40.000,00	40.000,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,032	65.000,00	2.080,00
				Jumlah	**42.080,00**
				Dibulatkan	**42.100,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.34 Galian tanah keras sedalam 0.5 m

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	GALIAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,500	40.000,00	20.000,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,016	65.000,00	1.040,00
				Jumlah	**21.040,00**
				Dibulatkan	**21.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Urugan Tanah dan Pemadatan sedalam 1 m

Satuan pekerjaan : m^3

Tabel 4.35 Tabel Urugan Tanah Kembali dan Pemadatan per-m^3

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	URUGAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,333	25.000,00	8.325,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,011	65.000,00	715,00
				Jumlah	**9,040.00**
B	PEMADATAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,500	40.000,00	20.000,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,050	65.000,00	3.250,00
3	Alat Pemadat	jam	0,200	495.000,00	99.000,00
				Jumlah	**122.250,00**
				Total	**131.290,00**
				Dibulatkan	**131.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Urugan Tanah dan Pemadatan sedalam 0,5 m

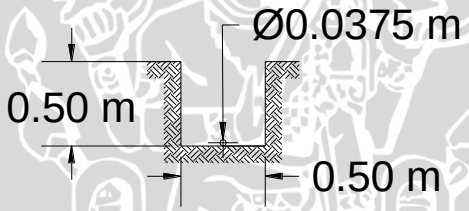
Satuan pekerjaan : m^3

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	URUGAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,167	25.000,00	4.175,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,006	65.000,00	390,00
				Jumlah	**4.565,00**
B	PEMADATAN TANAH				
1	Pekerja	Oh	0,250	40.000,00	10.000,00
2	Mandor Lapangan	Oh	0,025	65.000,00	1.625,00
3	Alat Pemadat	jam	0,100	495.000,00	49.500,00
				Jumlah	**61.125,00**
				Total	**65.690,00**
				Dibulatkan	**66.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 37,5 mm

Satuan pekerjaan : Unit



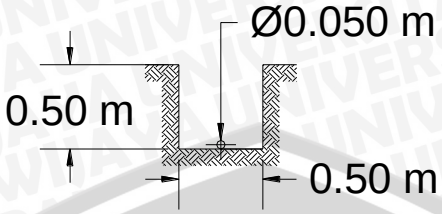
Tabel 4.36 Pemasangan Pipa PVC Ø 37,5 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,219	40.000,00	8.760,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,165	45.000,00	7.425,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,017	50.000,00	8.500,00
4	Mandor	Oh	0,002	60.000,00	120,00
				Jumlah	**24.805,00**
				Dibulatkan	**25.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 50 mm

Satuan pekerjaan : Unit



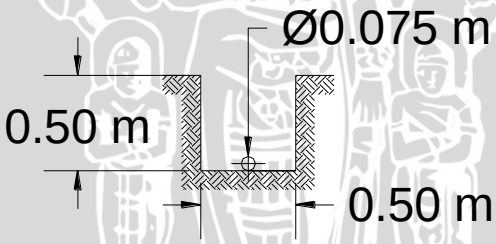
Tabel 4.37 Pemasangan Pipa PVC Ø 50 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,281	40.000,00	11.240,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,335	45.000,00	15.075,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,034	50.000,00	1.700,00
4	Mandor	Oh	0,008	60.000,00	480,00
				Jumlah	**28.495,00**
				Dibulatkan	**28.500,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 75 mm

Satuan pekerjaan : Unit



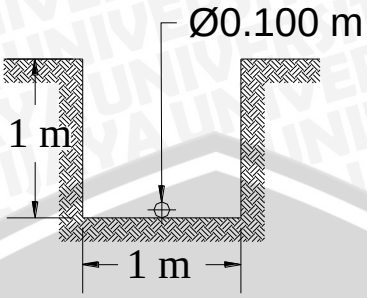
Tabel 4.38 Pemasangan Pipa PVC Ø 75 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,343	40.000,00	13.720,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,505	45.000,00	22.725,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,051	50.000,00	2.550,00
4	Mandor	Oh	0,014	60.000,00	840,00
				Jumlah	**39.835,00**
				Dibulatkan	**40.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 100 mm

Satuan pekerjaan : Unit



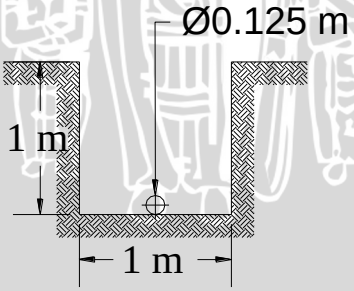
Tabel 4.39 Pemasangan Pipa PVC Ø 100 mm

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	3.400,00
4	Mandor	Oh	0,021	60.000,00	1.260,00
				Jumlah	**51.235,00**
				Dibulatkan	**51.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 125 mm

Satuan pekerjaan : Unit



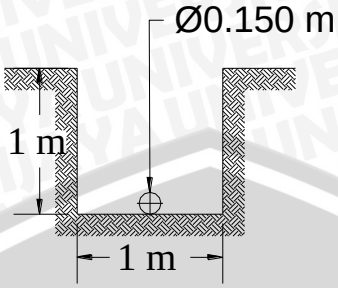
Tabel 4.40 Pemasangan Pipa PVC Ø 125 mm

No	Uraian	Sat	Koefisien	Harga (Rp)	
				Satuan	Jumlah
A	PEMASANGAN PIPA				
1	Pekerja Biasa	Oh	0,567	40.000,00	22.680,00
2	Tukang Pipa	Oh	0,945	45.000,00	42.525,00
3	Kepala Tukang Pipa	Oh	0,095	50.000,00	4.750,00
4	Mandor	Oh	0,029	60.000,00	1.740,00
				Jumlah	**71.695,00**
				Dibulatkan	**72.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 150 mm

Satuan pekerjaan : Unit



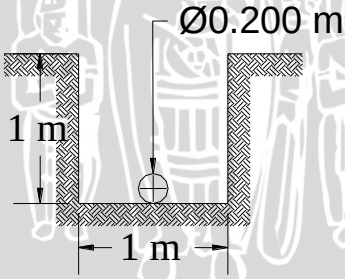
Tabel 4.41 Pemasangan Pipa PVC Ø 150 mm

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
				Jumlah	**92.139,00**
				Dibulatkan	**92.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jenis Pekerjaan : Pemasangan pipa PVC Ø 200 mm

Satuan pekerjaan : Unit



Tabel 4.42 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
				Jumlah	**184.258,00**
				Dibulatkan	**184.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

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

Tabel 4.43 Rincian Anggaran Biaya

No	Uraian Kegiatan	Volume		Harga	
				Satuan	Total
I	Pekerjaan Galian Tanah				
1	Galian Tanah Keras Sedalam 1 m	10.092	m3	42.100,00	424.873.200,00
2	Galian Tanah Keras Sedalam 0.5 m	502		21.040,00	10.562.080,00
				Jumlah	**435.435.280,00**
II	Pekerjaan Urugan Tanah & Pemadatan				
1	Urugan Tanah Kembali Sedalam 1 m	10.092	m3	9.040,00	91.231.680,33
2	Pemadatan Tanah Urug Sedalam 1 m	10.092	m3	122.250,00	664.612.125,00
3	Urugan Tanah Kembali Sedalam 0.5 m	502	m3	4.565,00	2.300.760,00
4	Urugan Tanah Kembali Sedalam 0.5 m	502	m3	61.125,00	30.684.750,00
				Jumlah	**788.829.315,00**
III	Pengadaan Pipa				
1	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 200 mm	1074	bh	661.500,00	710.451.000,00
2	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 150 mm	529	bh	395.000,00	208.955.000,00
3	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 125 mm	163	bh	283.500,00	46.210.500,00
4	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 100 mm	709	bh	163.000,00	115.567.000,00
5	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 75 mm	36	bh	97.500,00	3.510.000,00
6	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 50 mm	118	bh	50.000,00	5.900.000,00
7	Pengadaan Pipa PVC AW Ø 37.5 mm	25	bh	40.000,00	1.000.000,00
				Jumlah	**1.091.593.500,00**
IV	Sambungan Pipa dan Hidrant				
1	Sambungan Ø 200 mm	1082	bh	-	177.044.500,00
2	Sambungan Ø 150 mm	539	bh	-	44.855.000,00
3	Sambungan Ø 125 mm	164	bh	-	12.363.000,00
4	Sambungan Ø 100 mm	725	bh	-	28.609.000,00
5	Sambungan Ø 75 mm	35	bh	-	665.000,00
6	Sambungan Ø 50 mm	118	bh	-	946.500,00
7	Sambungan Ø 37.7 mm	26	bh	-	138.500,00
8	Hidrant 2 lubang Ø 100 mm	2	bh	-	10.823.600,00
				Jumlah	**275.445.100,00**
V	Pemasangan Pipa				
1	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 200 mm	1074	bh	184.000,00	197.616.000,00
2	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 150 mm	529	bh	92.000,00	48.668.000,00
3	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 125 mm	163	bh	72.000,00	11.736.000,00
4	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 100 mm	709	bh	51.000,00	36.159.000,00
5	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 75 mm	36	bh	40.000,00	1.440.000,00
6	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 50 mm	118	bh	28.500,00	3.363.000,00
7	Pemasangan Pipa PVC AW Ø 37.5 mm	25	bh	25.000,00	625.000,00
				Jumlah	**299.607.000,00**

Sumber: Hasil Perhitungan

Jadi total biaya yang diperlukan untuk melakukan rehabilitasi dan pengembangan jaringan distribusi air bersih pada kecamatan kedungkandang kota malang. Berikut perhitungannya.

Tabel 4.44 Rekapitulasi Anggaran Biaya

No	Uraian Kegiatan	Jumlah Harga
I	Pekerjaan Galian Tanah	**435.435.280,00**
II	Pekerjaan Urugan Tanah & Pemadatan	**788.829.315,00**
III	Pengadaan Pipa	**1.091.593.500,00**
IV	Sambungan Pipa dan Hidrant	**275.445.100,00**
V	Pemasangan Pipa	**299.607.000,00**
	Jumlah	**2.890.910.195,00**
	PPN 10%	**289.091.019,50**
	Jumlah + PPN 10%	**3.180.001.215,00**
	Dibulatkan	**3.180.000.000,00**
Terbilang :	***Tiga Miliyar Seratus Delapan Puluh Juta Rupiah***	

Sumber: Hasil Perhitungan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA