

PERANCANGAN JALUR DISTRIBUSI UTAMA SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM PADA RESERVOIR DI KOTA SEMARANG

Amalia Nur Annisa^{1*}, Eko Julianto², Ekky Nur Budiyan³

*Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*23}*

Email: amaliaannisa@student.ppns.ac.id^{1}; eko_julianto@ppns.ac.id²; ekky@ppns.ac.id³;*

Abstract - Water is one of the basic human requirement that used in daily life. Every year humans experience population growth. The increased demand for water is due to high population growth. The Manyaran 2 Reservoir in the Manyaran Village is a reservoir that supplies water to Bojongsalam Village, Tambakharjo Village, Gisikdrono Village, Krobokan Village, and Tawang Sari Village. Therefore, the population projections for the 5 villages was calculated for the next 10 years using Arithmetic and Geometric methods. From these calculations it can be seen the standard deviation to determine the method used. From the calculation of the population projection, it can be seen that each of the residents of the five villages is under 20,000 residents. With a population of under 20,000 people included in the semi-urban category, the design of total demand is 184.44 l/s. The smallest residual pressure in the piping network at the Manyaran 2 Reservoir is 23 m and the placement of the reservoir at an altitude of 53.994 meters above sea level is correct so that it does not need pump assistance until the end of the design year. In this system the pipes used are HDPE PN 12.5 bar pipes with a total length of 13819 m.

Keyword: Water, Population Projection, Reservoir, Water Demand, Residual Pressure

Nomenclature

P_n	Jumlah penduduk tahun proyeksi
P_o	Jumlah penduduk sekarang
r	Persentase pertumbuhan penduduk
n	Tahun proyeksi
K_a	Konstanta aritmatik
S	Standar deviasi
Q_d	Kebutuhan domestik (m ³ /s)
Q_{nd}	Kebutuhan non domestik (m ³ /s)
Q_{keh}	Kehilangan air (m ³ /s)
Q_{rh}	Kebutuhan air rata-rata (m ³ /s)
Q_{max}	Kebutuhan air jam puncak (m ³ /s)
M_n	Jumlah penduduk (jiwa)
s	Standar kebutuhan air (L/o/h)
F	Jumlah fasilitas
F_{jp}	Faktor pengali pada jam puncak
H_f	Mayor headloss (m)
D	Diameter (m)
Ch_w	Koefisien Hazen William
H_L	Minor losses (m)
v	Kecepatan (m/s)
g	Nilai faktor gravitasi (m/s ²)
H_R	Elevasi reservoir (m)
H_n	Elevasi node (m)
H	Headlosses pada node (m)

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan sehari-hari. Ketersediaan air baik kualitas maupun kuantitas harus selalu diperhatikan. Dari segi kuantitas, air harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat yang setiap tahunnya mengalami pertumbuhan penduduk.

Setiap tahun masyarakat di suatu daerah mengalami pertumbuhan. Kenaikan jumlah penduduk tersebut menyebabkan kenaikan jumlah air yang dibutuhkan. Dalam jangka waktu 10 tahun terakhir beberapa kelurahan di Kota Semarang mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan. Meningkatnya jumlah penduduk pada beberapa kelurahan di Kota Semarang tersebut dapat mempengaruhi kebutuhan air minum. Karena hal tersebut diperlukan studi kelayakan pipa yang terpasang masih bisa digunakan untuk 10 tahun mendatang.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini diawali dengan melakukan penentuan dan perhitungan metode proyeksi jumlah penduduk untuk memproyeksi penduduk suatu daerah selama 10 tahun mendatang. Proyeksi fasilitas umum juga perlu dilakukan selain proyeksi penduduk. Kemudian menentukan debit untuk penduduk. Pada penelitian ini salah satu reservoir tersebut merupakan kategori semi urban yang memerlukan air 90 liter/hari untuk setiap orangnya.

Terdapat beberapa kebutuhan air yang harus diperhitungkan, diantaranya kebutuhan domestik, kebutuhan non domestik, kebutuhan kebocoran, kebutuhan air rata-rata harian, kebutuhan pada jam puncak. Kebutuhan pada jam puncak inilah yang akan menjadi kebutuhan pada reservoir untuk 10 tahun mendatang.

Tahap berikutnya penulis akan melakukan perhitungan headloss pada jaringan pipa yang terpasang pada reservoir tersebut. Perhitungan headloss dibagi menjadi 2, yaitu major headloss dan

minor headloss. Selanjutnya dilakukan perhitungan sisa tekanan pada ujung pipa yang tidak boleh kurang dari 10 m. Lalu melakukan analisa mengenai ketinggian reservoir yang sudah ada.

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa menggunakan *Software* Epanet apakah pipa yang terpasang dalam sistem tersebut mampu memenuhi kebutuhan air dalam 10 tahun mendatang.

2.2 Perhitungan Proyeksi Penduduk

Formula dan persamaan yang digunakan untuk melakukan proyeksi penduduk sesuai dengan Permen PU No.18/PRT/M/2007 yaitu sebagai berikut.

a. Metode Aritmatika

$$P_n = P_o + K_a \times (T_n - T_o)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

b. Metode Geometrik

$$P_n = P_o \times (1r)^n$$

$$r = \frac{\text{jumlah persentase}}{n} \quad (2)$$

2.3 Perhitungan Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada jam puncak karena pada jam puncak terjadi penggunaan air pada titik tertinggi, sehingga persamaan yang digunakan sebagai berikut.

a. Kebutuhan air domestik (Q_d)

$$Q_d = Mn \times S \quad (3)$$

b. Kebutuhan air non domestik (Q_{nd})

$$Q_{nd} = F \times S \quad (4)$$

c. Kebutuhan kebocoran (Q_{keh})

$$Q_{keh} = (Q_d + Q_{nd}) \times a \quad (5)$$

d. Kebutuhan air rata-rata (Q_{rh})

$$Q_{keh} = Q_d + Q_{nd} + Q_{keh} \quad (6)$$

e. Kebutuhan air pada jam puncak (Q_{max})

$$Q_{max} = F_{jp} \times Q_{rh} \quad (7)$$

2.4 Perhitungan Headloss

Headloss ada 2, yaitu *major headloss* dan *minor headloss*. *Headloss major* terjadi karena gesekan air dengan dinding pipa. Sedangkan *minor headloss* adalah *headloss* yang terjadi karena adanya fittings.

a. *Major headloss*

$$H_f = \left(\frac{10,666 \times Q^{1,582}}{C_{hw}^{1,852} \times D^{4,874}} \right) \times 5 \quad (8)$$

b. *Minor headloss*

$$\text{Minor Headloss} = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

2.4 perhitungan sisa tekanan

Perhitungan sisa tekanan dilakukan untuk mengetahui sisa tekanan dalam sebuah sistem. Perhitungan sisa tekanan ini dimaksudkan agar air dapat sampai di konsumen dengan tekanan yang cukup. Menurut desain kriteria yang dikeluarkan Dinas PU pada tahun 1997 minimal sisa tekanan

adalah 10 m, sehingga persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Sisa Tekanan} = H_R - H_n - H_L \quad (10)$$

2.5 Analisa Hidrolika Menggunakan Epanet

Pada tahap ini dilakukan analisa jaringan perpipaan menggunakan *software* Epanet. Diawali dengan membuat jalur perpipaan dengan peta yang ada, selanjutnya dilakukan pengisian diameter, panjang pipa, elevasi dan kebutuhan air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Proyeksi Penduduk

Berikut ini merupakan hasil perhitungan proyeksi penduduk 10 tahun mendatang sejak tahun 2031.

Tabel 3. 1 Proyeksi Pada 2031

No	Kelurahan	Penduduk Pada 2021	Penduduk Pada 2031
1	Bojongsalaman	9299	7605
2	Tambakharjo	2768	3787
3	Gisikdrono	20935	17633
4	Krobokan	14557	14739
5	Tawangsari	6743	7143

3.2 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air domestik

Berdasarkan jumlah penduduk setiap kelurahan, beberapa keluraha termasuk dalam kategori semi urban dengan kebutuhan air 90 liter/orang/hari. Berikut contoh perhitungan pada Kelurahan Bojongsalaman.
 Jumlah penduduk = 7605
 Konsumen terlayani = 7690
 Kebutuhan air = 7690 x 90 liter/hari
 = 692100 liter/hari
 = 0,008 m³/s

Di bawah ini merupakan tabel hasil perhitungan kebutuhan air domestik.

Tabel 3. 2 Kebutuhan Air Domestik

No	Kelurahan	Penduduk Pada 2031	Penduduk Terlayani	Kebutuhan Air
		Jiwa	Jiwa	m ³ /s
1	Bojongsalaman	7605	7690	0,008
2	Tambakharjo	3787	3475	0,004
3	Gisikdrono	17633	9810	0,010
4	Krobokan	14739	12670	0,013
5	Tawangsari	7143	7123	0,007

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Berdasarkan PU Cipta Karya Tahun 1996, data yang digunakan data fasilitas umum setiap kelurahan yang kemudian diproyeksikan hingga akhir tahun perancangan. Berikut ini contoh perhitungan proyeksi fasilitas kesehatan.

$$\text{fasilitas kesehatan} = \frac{7689}{7774} \times 3$$

$$\text{fasilitas kesehatan} = 3 \text{ unit}$$

Tabel 3. 3 Kebutuhan Air Non Domestik

No	Kelurahan	Kebutuhan Non Domestik	
		L/hari	m ³ /s
1	Bojongsalaman	45970	0,0005
2	Tambakharjo	39150	0,0005
3	Gisikdrono	181260	0,0021
4	Krobokan	89500	0,0010
5	Tawangsari	79400	0,0009
Jumlah		435280	0,0050

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kebutuhan air non domestik adalah 0,0050 m³/s.

c. Kebutuhan Kebocoran

Kebutuhan kebocoran merupakan jumlah air yang bocor akibat pemasangan fitting maupun karena pengelasan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan kebutuhan kebocoran.

$$Q_{keh} = (0,008 + 0,0005) \times 20\%$$

$$Q_{keh} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 3. 4 Kebutuhan Kebocoran

No	Kelurahan	Kebutuhan Kebocoran	
		L/hari	m ³ /s
1	Bojongsalaman	147614	0,002
2	Tambakharjo	70380	0,001
3	Gisikdrono	212832	0,001
4	Krobokan	245960	0,003
5	Tawangsari	144094	0,002
Jumlah		820880	0,010

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kebutuhan kebocoran adalah 0,010 m³/s.

d. Kebutuhan Air Rata-Rata

Kebutuhan air rata-rata merupakan air rata-rata yang digunakan dalam 1 hari. Berikut ini merupakan contoh perhitungan kebutuhan air rata-rata.

$$Q_{keh} = 0,008 + 0,0005 + 0,002$$

$$Q_{keh} = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 3. 5 Kebutuhan Air Rata-Rata

No	Kelurahan	Kebutuhan Air Rata-Rata	
		L/hari	m ³ /s
1	Bojongsalaman	885684	0,010
2	Tambakharjo	422280	0,005
3	Gisikdrono	1276992	0,015
4	Krobokan	1475760	0,017
5	Tawangsari	864564	0,010
Jumlah		4925280	0,057

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa kebutuhan air rata-rata adalah 0,057 m³/s.

e. Kebutuhan air pada jam puncak

Kebutuhan air pada jam puncak terjadi diantara pukul 06.00-08.00 pagi. Pada jam tersebut penggunaan air pada titik tertinggi. Berikut ini contoh perhitungan kebutuhan air pada jam puncak.

$$Q_{max} = 0,010 \times 2$$

$$Q_{max} = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 3. 6 Kebutuhan Air Jam Puncak

No	Kelurahan	Kebutuhan Air Jam Puncak	
		L/hari	m ³ /s
1	Bojongsalaman	1771368	0,020
2	Tambakharjo	844560	0,010
3	Gisikdrono	2553984	0,030
4	Krobokan	2951520	0,034
5	Tawangsari	1729128	0,020
Jumlah		9850560	0,114

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa kebutuh air jam puncak adalah 0,114 m³/s. kebutuhan air jam puncak inilah yang merupakan kebutuhan pada reservoir ini.

3.3 Perhitungan Major Headloss

Berdasarkan pipa yang terpasang dan perhitungan flor yang telah dilakukan, maka selanjutnya adalah perhitungan headloss major. Berikut adalah contoh perhitungan headloss major dari pipa yang telah terpasang.

$$H_f = \left(\frac{10,666 \times 0,114^{1,852}}{130^{1,852} \times 0,61^{4,874}} \right) \times 315$$

$$H_f = 0,083 \text{ m}$$

Tabel 3. 7 Perhitungan Major Headloss

No	Jalur	Diameter	Major Headloss
		inch	m
1	Jalur N	28	0.083
2	Jalur N	14	0.310
3	Jalur O	14	0.172
4	Jalur M	14	0.405
5	Jalur U	12	0.352
6	Jalur LB	20	0.905
7	Jalur N2	24	0.187
8	Jalur NA	12	0.007
9	Jalur N4	8	0.033
10	Jalur Q	8	0.021
11	Jalur LD	24	0.033
12	Jalur LE	24	0.032
13	Jalur LE	12	1.316
14	Jalur R	12	2.727
15	Jalur S	12	0.494
16	Jalur LF	24	0.007
17	Jalur LG	24	0.018
18	Jalur LG	20	0.015
19	Jalur T	20	0.004
Jumlah			7.122

Dari perhitungan di atas dapat diketahui major headloss sesuai jalurnya dan jumlah dari major headloss adalah 7,122 m.

3.4 Perhitungan Minor Headloss

Setelah perhitungan *major headloss*, selanjutnya adalah menghitung *minor headloss* yang terjadi pada sistem perpipaan yang terpasang. Berikut ini adalah hasil perhitungan *headloss minor*.

Tabel 3. 8 Perhitungan Minor Headloss

No	Jalur	Minor Headloss m
1	Jalur LD	0.030
2	Jalur U	0.036
3	Jalur LE	0.146
4	Jalur LF	0.002
5	Jalur LG	0.004
6	Jalur N2	0.076
7	Jalur N4	0.001
8	Jalur N	0.027
9	Jalur R	0.116
10	Jalur T	0.000143

3.5 Perhitungan Sisa Tekanan

Pada standar dari Dinas PU disebutkan bahwa sisa tekanan pada ujung pipa adalah 10 m. Hal tersebut diartikan bahwa sisa tekanan haruslah lebih dari 10 m. Berikut ini adalah contoh perhitungan sisa tekanan pada pipa yang terpasang.

$$Sisa\ Tekanan = H_R - H_n - H_L$$

$$Sisa\ Tekanan = 53,994 - 30,64 - 0,111$$

$$Sisa\ Tekanan = 23,234\ m$$

Tabel 3. 9 Perhitungan Sisa Tekanan

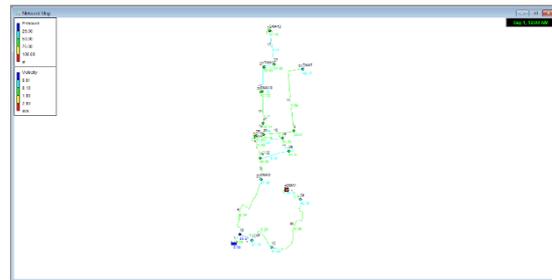
Jalur	Diameter	Headloss	Elevasi Pada Titik Terakhir	Sisa Tekanan
	inch	m	m	m
Jalur N	28	0.111	30.64	23.243
Jalur N	14	0.310	26.41	27.274
Jalur O	14	0.172	12.36	41.462
Jalur M	14	0.405	12.2	41.389
Jalur U	12	0.387	13.53	40.077
Jalur LB	20	0.905	5.055	48.034
Jalur N2	24	0.263	2.22	51.511
Jalur NA	12	0.007	2.693	51.294
Jalur N4	8	0.034	0.99	52.970
Jalur Q	8	0.021	1.53	52.443
Jalur LD	24	0.063	1.1	52.831
Jalur LE	24	0.032	1.1	52.862
Jalur LE	12	1.462	0.56	51.972
Jalur R	12	2.843	0.87	50.281
Jalur S	12	0.494	0.57	52.930
Jalur LF	24	0.010	0.53	53.454
Jalur LG	24	0.021	-0.04	54.013
Jalur LG	20	0.016	0.74	53.238
Jalur T	20	0.004	0.89	53.100

Pada perhitungan sisa tekanan setiap jalur di atas sisa tekanan terkecil yaitu 23 m dan sisa tekanan paling besar adalah 54,013m. Hal tersebut sudah sesuai dengan kriteria perencanaan Dinas PU dimana minimal sisa tekanan adalah 10 m.

3.6 Analisa Desain Menggunakan Epanet

Analisa ini dilakukan terhadap pipa yang terpasang menggunakan software Epanet dengan memberikan base demand sesuai perhitungan flow

rate yang telah dilakukan. Berikut ini merupakan hasil dari analisa menggunakan software epanet.



Gambar 3. 1 Hasil Simulasi Menggunakan Epanet

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Epanet yang telah dilakukan dengan kondisi pipa yang terpasang, nilai kecepatan dalam aliran berada diantara 0,03 m/s hingga 1,09 m/s yang sesuai dengan nilai yang diijinkan pada SNI 7509:2011 yaitu kecepatan maksimal adalah 3 m/s. Sedangkan sisa tekanan pipa bernilai 39 m hingga 51 m pada jalurnya yang sudah terpasang. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan pada akhir tahun perancangan masih berda di bawah nilai maksimum dan nilai sisa tekanan sudah di atas nilai yang diharuskan. Pada desain ini digunakan pipa HDPE dengan PN 12,5 dengan total panjang pipa 13819 m.

4. KESIMPULAN

1. Reservoir ini berada pada ketinggian 53,994 mdpl dengan total panjang keseluruhan jaringan perpipaan yaitu 13819 m yang menyuplai air untuk 5 kelurahan, yaitu Kelurahan Bojongsalaman, Kelurahan Tambakharjo, Kelurahan Gisikrono, Kelurahan Krobokan, dan Kelurahan Tawangsari.
2. Setelah dilakukan perhitungan proyeksi penduduk dan proyeksi fasilitas umum dari tahun 2021 hingga 2031 didapatkan penduduk yang teraliri air berjumlah 40768 dengan kebutuhan air 114,011 liter/detik atau sama dengan 0,114 m³/s.
3. Sisa tekanan bernilai 23-54 m pada akhir tahun perancangan. Hal tersebut membuat reservoir ini tidak membutuhkan pompa untuk membantu mengalirkan air dan reservoir yang berada pada ketinggian 53,994 mdpl sudah tepat untuk pemilihan ketinggian reservoir.

5. PUSTAKA

- [1] Arif Kurniawan, A. P. (2014). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Kota Salatiga.
- [2] Barkah, G. D. (2020). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di Perumahan Platinum Regency dan Perumahan Mutiara Garden Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Universitas Islam Negeri Sunan Ampel*.
- [3] Brafiadi, A. (2017). *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum di Kecamatan Banyuates Kabupaten Sampang*.

- [4] Giaveno, A. (2021). Perencanaan Pengembangan Sistem Transmisi dan Distribusi Jaringan Sistem Perpipaan Air Minum Daerah Pondok Candra. *6th Conference Piping Engineering and It's Application* .
- [5] Melari, A. K. (n.d.). Lalan Deriana, Kartini, Henny Herawati.
- [6] Peraturan Pemerintah. (2005). *Peraturan Pemerintah No. 16 Tentang Penyediaan Air Minum Pasal 1 Ayat (6) dan (7)* . Indonesia.
- [7] Peraturan Pemerintah. (2015). *Peraturan Pemerintah No. 122 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum Pasal 2 Ayat (1) dan (2)*. Indonesia.
- [8] Permen PU. (2007). *Permen PU No. 18/PRT/M/2007*. Indonesia.
- [9] Poedjiastoeti, H., Syahputra, B., & Soedarsono. (2022). *Penyediaan Air Minum*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- [10] Sari, K. I. (2021). Evaluasi Jaringan Pipa Distribusi Air Minum dengan Menggunakan Epanet 2.0 di Kecamatan Girsang Sipangan Bolon Kabupaten Simalungun.
- [11] SNI. (2015). *SNI 6728.1* . Indonesia.