

# Analisis Jaringan Distribusi PDAM Kota Surabaya Akibat Kenaikan Kebutuhan Air Bersih di Zona 1, Kota Surabaya

Firdaus Laila Ramadhani, Didik Harijanto, dan Ismail Sa'ud  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail: didi\_hari@ce.its.ac.id*

**Abstrak**—Di Kota Surabaya, sebagai ibu kota Provinsi Jawa Timur dan kota metropolitan dengan pertumbuhan yang pesat, bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi memicu pengembangan infrastruktur, termasuk vertical building seperti apartemen dan kondominium. Pembangunan ini menimbulkan peningkatan pelanggan PDAM Kota Surabaya dan kebutuhan air bersih. Sehingga perlu direncanakan pengembangan jaringan distribusi air bersih untuk memastikan pasokan yang memadai dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pengembangan ini berfokus di zona 1. Dengan analisis yang tepat, pengembangan jaringan distribusi air di Kota Surabaya harus dapat memenuhi kebutuhan pelanggan secara kuantitas dan kontinuitas. Analisis yang dilakukan meliputi analisis teknis dan financial. Analisis jaringan dilakukan menggunakan bantuan program WaterGEMS V10.03 untuk mensimulasikan hidrolis yang memiliki output berbagai hasil analisis seperti tekanan, aliran, kecepatan dan lain sebagainya. Hasil analisis pengembangan jaringan pada pengembangan I dan II, kebutuhan air rata-rata sebesar 2142,16 l/s dan 2315,13 l/s. Hasil analisis jaringan distribusi menunjukkan 12 lokasi pada pengembangan I dan II dengan tekanan < 0,5 atm, dan dilakukan alternatif dengan perencanaan pipa di lokasi tersebut serta pompa cadangan di IPAM Karang Pilang 3. Total RAB untuk pengembangan I adalah Rp21.403.296.593 dan pengembangan II adalah Rp10.095.525.884.

**Kata Kunci**—Pengembangan, Jaringan Distribusi, WaterGEMS.

## I. PENDAHULUAN

KOTA merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur dan salah satu kota besar yang ada di Indonesia berdasarkan jumlah penduduk dan luas daerahnya. Kota ini juga sebagai kota metropolitan, sehingga banyak kegiatan ekonomi yang berpusat di Kota Surabaya. Faktor bertambahnya jumlah penduduk tidak hanya diakibatkan oleh pertumbuhan, tetapi banyak masyarakat dari kota tetangga yang melakukan urbanisasi untuk merantau dan mencari pekerjaan di Kota Surabaya. Hal ini dikarenakan banyak dilakukannya pengembangan di Kota Surabaya. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 8 Tahun 2018 tentang Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kota Surabaya Tahun 2018 – 2038, telah dibuat program pemanfaatan ruang seperti pengembangan perumahan, perdagangan dan jasa, penyediaan sarana pelayanan umum, pembangunan jalan, pengembangan dan peningkatan cakupan pelayanan air minum perpipaan, dan lain sebagainya.

Pengembangan infrastruktur yang akan dilakukan di Kota Surabaya memancing developer untuk melakukan pembangunan seperti apartemen, rumah susun dan kondominium. Dikarenakan lahan kosong di Kota Surabaya

yang sudah hampir penuh, maka Pemerintah Kota Surabaya mengoptimalkan pembangunan secara vertikal atau disebut dengan vertical building. Dengan adanya pengembangan wilayah di Kota Surabaya tepatnya di zona 1, selama beberapa tahun kedepan juga diikuti oleh peningkatan jumlah penduduk.

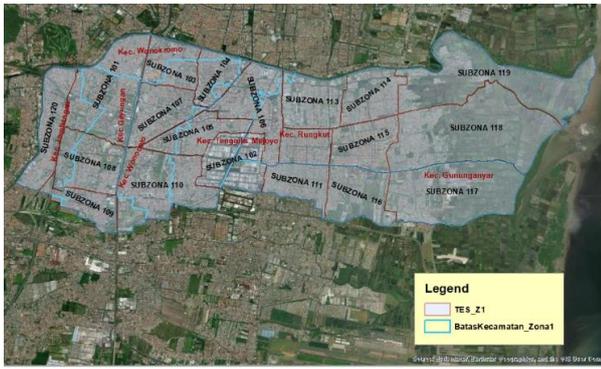
Jumlah hunian yang meingkat mengakibatkan bertambahnya sambungan untuk air bersih dilakukan analisis dengan merencanakan pengembangan jaringan distribusi proyeksi pada tahun 2034 dengan melakukan pemodelan menggunakan program EPANET 2.0. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu Jumlah kebutuhan air pada tahun proyeksi 2034 didapatkan debit setiap kelurahan berdasarkan proyeksi jumlah penduduk dan fasilitas umum. Sub zona yang mengalami pengembangan pipa primer terdiri dari 2 sub zona, yaitu 114 dan 115. Sedangkan sub zona 112 dan 113 tetap menggunakan jaringan eksisting. Selanjutnya melakukan analisis dengan melakukan perhitungan proyeksi penduduk ini direncanakan untuk periode 20 tahun kedepan, mulai tahun 2016 sampai tahun 2036 dengan analisa menggunakan bantuan program WaterGEMS V8i [1]. Hasil dari analisa penduduk digunakan metode geometrik dengan pertumbuhan penduduk 1.88 % didapatkan jumlah penduduk pada tahun 2036 sebesar 897867 jiwa. Kebutuhan harian rata-rata air bersih pada tahun 2036 kebutuhan harian rata-rata sebesar 2816.47 lt/dt. Alternatif untuk memenuhi kebutuhan air bersih 20 tahun ke depan adalah dengan meningkatkan kapasitas IPAM Ngagel 3 menjadi 3250 lt/dt dan menambah pompa 5 buah dengan total keseluruhan 15 pompa. Kemudian direncanakan ground reservoir di wilayah sub zona 219 dengan kapasitas tampung 9000 m<sup>3</sup>.

Karena adanya pembangunan hunian yang mempengaruhi bertambahnya sambungan air bersih juga berarti bahwa jumlah pelanggan PDAM Kota Surabaya akan meningkat. Hal ini berbanding lurus dengan kenaikan kebutuhan air bersih di zona 1. Berdasarkan hal tersebut, maka jaringan distribusi PDAM Kota Surabaya yang berada di zona 1 diperlukan analisa untuk dilakukannya pengembangan jaringan distribusi agar air bersih dapat tersalurkan dengan baik sesuai dengan kualitas, kuantitas serta kontinuitas berdasarkan syarat yang telah ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia dan Peraturan Menteri PU.

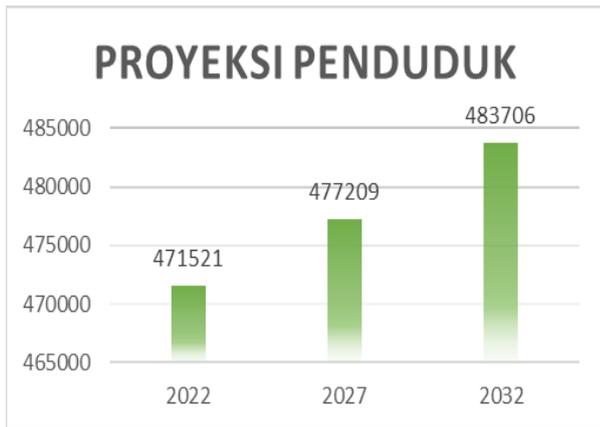
## II. METODOLOGI

### A. Studi Literatur

Dalam mengerjakan penelitian ini dilakukan dengan membaca studi literatur yang mendukung topik penelitian. Literatur yang digunakan diantaranya mengenai perhitungan



Gambar 1. Lokasi Penelitian Zona 1..



Gambar 2. Grafik Hasil Proyeksi Penduduk.

proyeksi jumlah penduduk dengan beberapa metode perhitungan debit kebutuhan air bersih (domestic use, non domestic use dan kehilangan air), sistem jaringan distribusi air bersih, pengembangan jaringan distribusi air bersih, software WATERGEMS V10.03, perhitungan RAB jaringan distribusi.

**B. Perijinan**

Proses perijinan perlu dilakukan sesuai regulasi yang berlaku mengenai penggunaan data untuk penyusunan tugas akhir. Perijinan menggunakan surat pengantar dari Departemen Teknik Infrastruktur Sipil yang ditujukan kepada beberapa instansi terkait. Instansi yang dimaksud adalah PDAM Kota Surabaya dan Bappedalitbang Kota Surabaya.

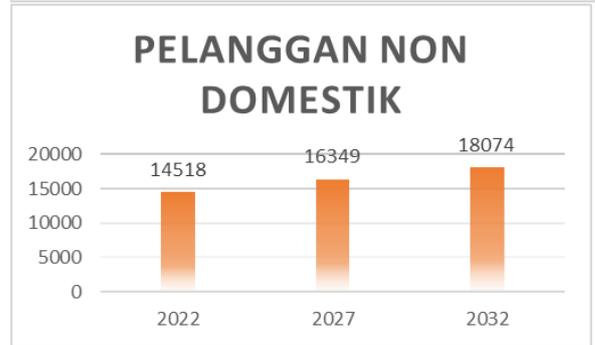
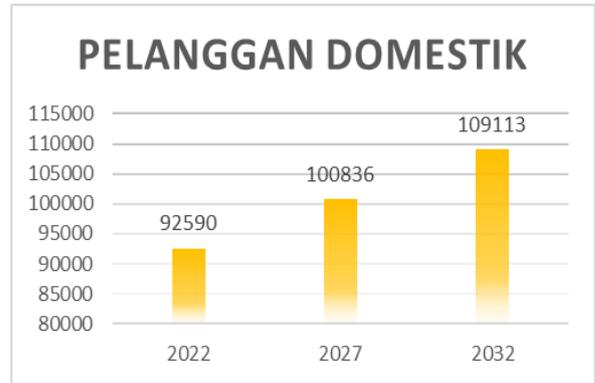
**C. Data Primer**

Survey dan Wawancara dilakukan dengan berkunjung ke IPAM (Instalasi Pengolahan Air Minum) dan rumah pompa (RP) yang melayani atau mendistribusikan air menuju zona 1 untuk mengetahui kondisi eksisting di IPAM dan RP. IPAM dan rumah pompa tersebut antara lain IPAM Ngagel, IPAM Karang Pilang, RP Ketegan dan RP Menanggal.

**D. Data Sekunder**

Data sekunder yang digunakan yaitu:

1. Data Kependudukan & Data Pelanggan yang digunakan untuk menghitung proyeksi saat pengembangan yang direncanakan dalam 2 tahap dengan periode 5 tahun pada tahun 2027 dan 2032.
2. Data teknis jaringan eksisting PDAM Kota Surabaya yang meliputi sistem jaringan distribusi eksisting, material dan dimensi pipa distribusi, kapasitas pompa, peta zona pelayanan, dan data pemakaian pelanggan.



Gambar 3. Grafik Hasil Proyeksi Pelanggan.

3. Peta peruntukan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kota Surabaya untuk mengetahui daerah yang akan dikembangkan oleh Pemerintah Kota Surabaya
4. HSPK Kota Surabaya tahun 2021 digunakan sebagai acuan dalam penyusunan RAB pengembangan jaringan PDAM Kota Surabaya.

**E. Analisis Data**

Analisis data yang akan dipakai untuk penelitian sebagai berikut: proyeksi jumlah penduduk dan pelanggan untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk dan pelanggan pada tahun 2023 sampai 2032. Data pelanggan memiliki satuan sambungan rumah (SR) dengan keterangan 1 SR = 5 jiwa. Perhitungan proyeksi menggunakan Metode Aritmatika, Metode Geometrik, dan Metode Least Square **Error! Reference source not found..** Penggunaan metode berdasarkan nilai korelasi (r) mendekati angka 1 dan grafik hasil proyeksi.

Kebutuhan air bersih yang diperhitungkan terdiri dari kebutuhan domestik (keperluan rumah tangga), kebutuhan non domestik (fasilitas umum, perkantoran, industri, dan lain – lain), dan kehilangan air. Debit kebutuhan penduduk domestik sebesar 200 l/s/orang, non domestik sebesar 30%, dan kehilangan air sebesar 20% **Error! Reference source not found..** Debit kebutuhan pelanggan domestik dan non domestik berdasarkan data pemakaian pelanggan, kehilangan air saat kondisi eksisting sebesar 31,06% (PDAM Kota Surabaya) dan saat pengembangan sebesar 20% **Error! Reference source not found..** Koefisien fluktuasi dihitung berdasarkan data *flow out* beberapa rumah pompa di Kota Surabaya. Data tersebut diambil selama 7 hari di setiap rumah pompa yang di rata – rata. Dari analisis perhitungan kebutuhan air berdasarkan data penduduk dan pelanggan, dipilih satu analisis berdasarkan asumsi alokasi yang sesuai.

Perencanaan pengembangan sistem jaringan distribusi juga mengembangkan dari sistem jaringan distribusi eksisting dengan memperhatikan ketersediaan air dengan

Tabel 1.  
Sumber Layanan Zona 1

Sumber Supply	Area Layanan (Subzona)
Ngagel 1 (Res. Tengah & Selatan)	103
Ngagel 1 (Res. Tengah & Selatan) + Ngagel 3	104
Ngagel 1 (Res. Tengah)	106
Ngagel 1 + Ngagel 2	119
Karang Pilang 3	116, 117
Karang Pilang 3 + Ngagel 1	101, 102, 105, 110, 120
Karang Pilang 3 + Ngagel 2	111, 113, 114, 115, 118
Karang Pilang 3 + Ngagel 3	112

Tabel 2.  
Rencana Pembangunan Rusunami

Subzona	Nama	Σ Jiwa	Kebutuhan	
	Σ Unit		(l/hari/jiwa)	(l/detik)
				1100
109	Menanggal	5500	205,95	13,11
116	Gunung Anyar	5500	179,89	11,45
115	Medokan Ayu	5500	193,41	12,31

Tabel 3.  
Rekapitulasi Hasil Tekanan Setelah dan Sebelum Kalibrasi

No	Nama Junction	Lapangan	Tekanan	
			WaterGEMS	Selisih
1	Korem	39	36,42	2,58
2	Rungkut Madya Purimas	21	21,36	-0,36
3	Kedungbaruk (Merr 2C)	16	15,52	0,48
4	Jagir Rolak	52	50,05	1,95
5	Jembatan Nginden	10,5	10,48	0,02

meperehitungkan kebutuhan di zona lain dan juga head loss jaringan pipa. Dari beberapa hal tersebut dapat ditentukan sistem jaringan perpipaan yang tepat agar distribusi air bersih dapat merata dan mengalir secara kontinuitas.

F. Simulasi Kondisi Eksisting Jaringan Distribusi Menggunakan WaterGEMS V10.03

Data yang di input ke software WaterGEMS V10.03 yaitu jaringan pipa, diameter pipa, panjang pipa, material pipa, demand, koefisien fluktuasi, dan kontur. Input-an data tersebut disimulasikan menggunakan software WaterGEMS V10.03 untuk menganalisa kondisi jaringan distribusi eksisting yang dikalibrasi berdasarkan data tekanan. Output yang dihasilkan dari running WaterGEMS yaitu kecepatan aliran (v), tekanan air dalam pipa, headloss (kehilangan tekanan dalam pipa), dan lain – lain.

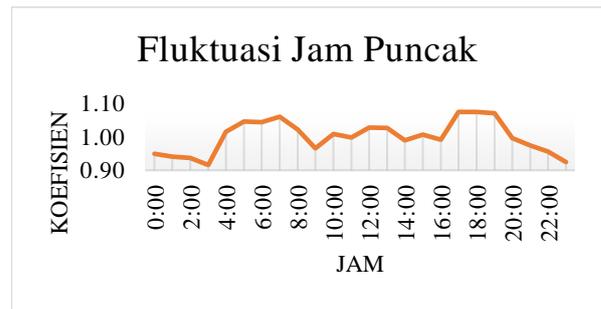
G. Evaluasi Kondisi Eksisting Jaringan Distribusi Menggunakan WaterGEMS V10.03

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting, jaringan yang memiliki tekanan < 0,5 atm atau < 5,17 mh2o perlu di evaluasi dengan memberi alternatif agar tekanan sesuai dengan yang disyaratkan yaitu > 0,5 atm atau > 5,17 mh2o. Simulasi dilakukan dengan bantuan program WaterGEMS.

H. Simulasi Pengembangan Jaringan Distribusi Menggunakan WaterGEMS V10.03

Pengembangan jaringan distribusi direncanakan berdasarkan peta peruntukan RDTR yang telah ditentukan oleh Pemerintah Kota Surabaya. Pengembangan jaringan ini didasarkan pada kondisi jaringan eksisting. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air dengan asumsi alokasi pada tahun pengembangan 2027 dan 2032 menjadi input debit untuk simulasi jaringan pada tahun pengembangan. Hasil simulasi

pada lokasi jaringan dengan tekanan < 0,5 atm menjadi



Gambar 4. Grafik Fluktuasi Jam Puncak.



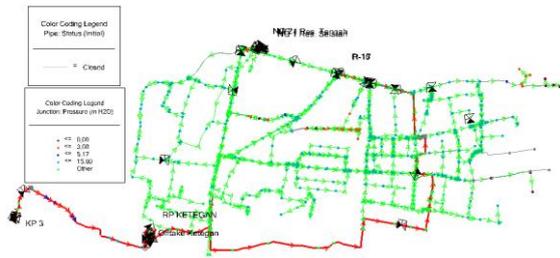
Gambar 5. Jaringan Distribusi Zona 1.



C. Proyeksi Penduduk & Pelanggan

Untuk perhitungan proyeksi penduduk dan pelanggan juga

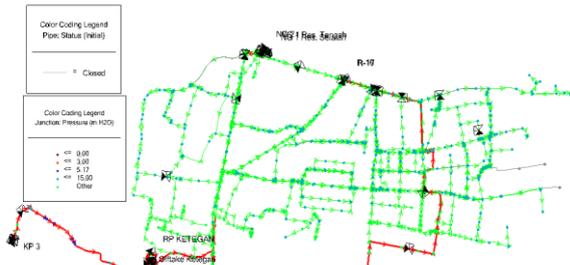
$$a = \frac{P_0 - P_1}{T_0 - T_1} \tag{3}$$



Gambar 10. Jaringan Distribusi Zona 1 Setelah Kalibrasi pada Jam Puncak.



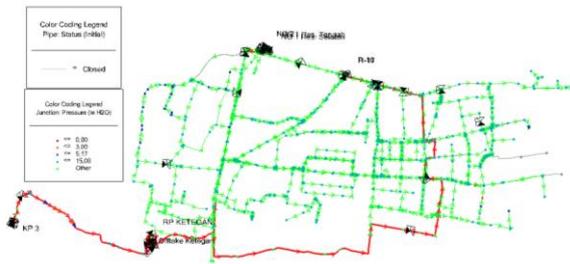
Gambar 7. Jaringan Dsistribusi Zona 1 pada Tahap Pengembangan I Setelah Perencanaan di Jam Puncak.



Gambar 11. Hasil Evaluasi Jaringan Distribusi Zona 1 pada Jam Puncak.



Gambar 8. Jaringan Dsistribusi Zona 1 pada Tahap Pengembangan II Sebelum Perencanaan di Jam Puncak.



Gambar 12. Jaringan Dsistribusi Zona 1 pada Tahap Pengembangan I Sebelum Perencanaan di Jam Puncak



Gambar 9. Jaringan Dsistribusi Zona 1 pada Tahap Pengembangan II Setelah Perencanaan di Jam Puncak.

diperlukan data jumlah penduduk dan pelanggan beberapa tahun terakhir. Dalam perhitungan ini, didapatkan data jumlah penduduk pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2021, sedangkan data jumlah pelanggan pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2022. Kedua data tersebut diproyeksikan 10 tahun kedepan sampai dengan tahun 2032. Penduduk diproyeksikan tiap kelurahan, sedangkan pelanggan diproyeksikan berdasarkan setiap subzona. Perhitungan proyeksi penduduk dan pelanggan dimulai dengan menghitung koefisien korelasi dari setiap metode. Metode proyeksi yang digunakan yaitu Metode Aritmatika, Metode Geometrik dan Metode Least Square. Persamaan untuk menghitung koefisien korelasi :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{\{n(\sum y^2) - (\sum y)^2\}\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}}} \tag{1}$$

Keterangan :

r = koefisien korelasi

n= jumlah data

x= jumlah penduduk tiap tahun berdasarkan data

y= jumlah penduduk tiap tahun berdasarkan teori perhitungan

Persamaan untuk menghitung proyeksi Metode Aritmatika:

$$P_n = P_0 + (a \times n) \tag{2}$$

Keterangan :

P<sub>n</sub> = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

P<sub>0</sub> = jumlah penduduk pada tahun terakhir/dasar (jiwa)

P<sub>1</sub> = jumlah penduduk pada awal tahun data (jiwa)

a = rata-rata pertambahan penduduk (jiwa/tahun)

n = kurun waktu proyeksi (tahun)

T<sub>0</sub> = tahun terakhir data/dasar

T<sub>1</sub> = tahun awal data

Persamaan untuk menghitung proyeksi dengan Metode Geometrik :

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^n \tag{4}$$

$$r = \frac{\left(\frac{P_x - P_y}{P_y}\right) \times 100\%}{m - 1} \tag{5}$$

Keterangan :

P<sub>n</sub> = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

P<sub>0</sub> = jumlah penduduk pada tahun terakhir/dasar (jiwa)

r = rata-rata pertambahan penduduk (%)

P<sub>x</sub> = jumlah penduduk pada tahun ke i (jiwa)

P<sub>y</sub> = jumlah penduduk pada tahun ke i - 1 (jiwa)

n = kurun waktu proyeksi (tahun)

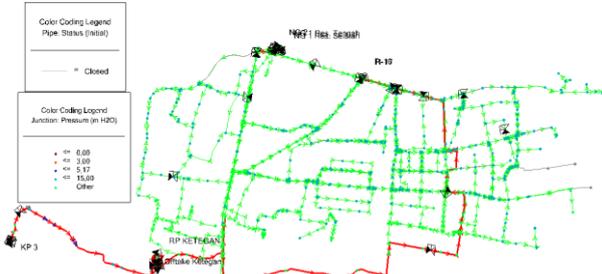
m = jumlah data (tahun)

Persamaan untuk menghitung proyeksi dengan Metode Least Square :

$$P_n = a + (b \times x) \tag{6}$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \text{ atau } a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (7)$$

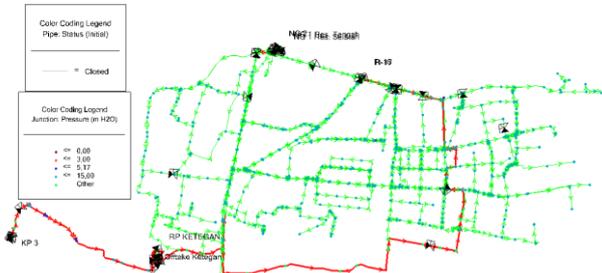
$$b = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (8)$$



Gambar 13. Jaringan distribusi zona 1 pada kondisi eksisting setelah evaluasi saat jam puncak.



Gambar 14. Jaringan distribusi zona 1 pada tahun pengembangan I setelah rencana pengembangan jaringan saat jam puncak.



Gambar 15. Jaringan distribusi zona 1 pada tahun pengembangan II setelah rencana pengembangan jaringan saat jam puncak.

Keterangan :

- $P_n$  = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)
- $x$  = selisih tahun ke – n dengan tahun awal data
- $X$  = kurun waktu proyeksi (tahun)
- $Y$  = jumlah penduduk (jiwa)
- $\bar{X}$  = rata – rata waktu proyeksi (tahun)
- $\bar{Y}$  = rata – rata jumlah penduduk (jiwa)
- $N$  = jumlah data

Berdasarkan perhitungan koefisien korelasi dari 3 metode, didapatkan nilai salah satu metode yang mendekati angka 1. Dalam menentukan metode yang digunakan dalam memproyeksikan jumlah penduduk dan pelanggan juga mempertimbangkan bentuk grafik dari 3 metode yang sudah di proyeksikan. Hasil proyeksi penduduk dan pelanggan pada tahun pengembangan tertera pada Gambar 2 dan Gambar 3.

#### D. Koefisien Fluktuasi

Dalam menentukan koefisien fluktuasi yang terjadi pada jam puncak dan hari maksimum dapat dihitung melalui debit yang keluar dari rumah pompa. Data diperoleh dari beberapa rumah pompa di Surabaya yang dapat dijadikan perhitungan koefisien fluktuasi untuk Zona 1. Grafik fluktuasi tertera pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien fluktuasi, didapatkan koefisien tertinggi pada jam puncak sebesar 1,07 yang terjadi pada pukul 17.00 – 19.00. Sedangkan koefisien hari maksimum sebesar 1,05 pada hari sabtu.

#### E. Kebutuhan Air Eksisting

Analisis kebutuhan air bersih pada tahun 2022 sebagai dasar dalam mengetahui jaringan distribusi pada kondisi eksisting untuk perencanaan pada tahun pengembangan. Dalam menghitung kebutuhan air ditentukan oleh jumlah populasi di wilayah perencanaan.

Kebutuhan air domestik pada zona 1 didapatkan berdasarkan data pemakaian pelanggan sebesar 1045,10 l/s. Kebutuhan air non domestik pada zona 2 didapatkan berdasarkan data pemakaian pelanggan sebesar 481,94 l/s.

Kehilangan air adalah jumlah air yang hilang atau terbuang, terjadi akibat kebocoran dalam sistem perpipaan, penguapan, atau penggunaan yang tidak efisien. Data kehilangan air yang diperoleh sebesar 31,06% (PDAM Kota Surabaya) yang dihitung dari total kebutuhan air domestik dan non domestik. Besar kehilangan air di zona 1 yaitu 474,30 l/s.

Kebutuhan air rata – rata merupakan kebutuhan air yang diperlukan dengan memperhitungkan besar kehilangan air. Kebutuhan air rata – rata dihitung dengan persamaan:

$$Q_{rh} = Q_{domestik} + Q_{non\ domestik} + Q_{kehilangan\ air} \quad (9)$$

Kebutuhan air jam puncak yaitu pemakaian air tertinggi pada jam – jam tertentu disaat banyak pelanggan menggunakan air. Kebutuhan air jam puncak dihitung dengan persamaan :

$$Q_{jp} = f_2 \times Q_{rh} \quad (10)$$

Kebutuhan air rata – rata di zona 1 sebesar 2001,34 l/s dan kebutuhan air jam puncak di zona 1 sebesar 2148,33 l/s.

#### F. Kebutuhan Air Pengembangan

Dilakukan analisis terhadap kebutuhan air bersih guna memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih pada tahun pengembangan. Berdasarkan proyeksi jumlah penduduk ataupun pelanggan yang telah dilakukan, dapat diestimasikan kebutuhan air domestik dan non-domestik.

##### 1) Analisis kebutuhan air pengembangan berdasarkan penduduk

Kebutuhan air domestik yang meliputi pemakaian air untuk kepentingan rumah tangga, pada tahun pengembangan diperhitungkan sebesar 200 liter/orang/hari untuk kategori Kota Metropolitan **Error! Reference source not found.** Kebutuhan air domestik pada tahun pengembangan sebesar 1105 l/s di tahun 2027 dan 1064 l/s di tahun 2032.

Perencanaan kebutuhan air non domestik yaitu 30% dari kebutuhan domestik. Hasil kebutuhan air non domestik di zona 1 pada tahun pengembangan yaitu 331 l/s di tahun 2027 dan 336 l/s di tahun 2032 [3].

Dalam menghitung kebutuhan air perlu juga menambahkan % kehilangan air yang terjadi, agar kebutuhan air penduduk tetap terpenuhi. Kehilangan air yang diperhitungkan pada tahun pengembangan sebesar 20% **Error! Reference source not found.** Kehilangan air dihitung dengan persamaan. Sehingga kehilangan air sebesar 287 l/s di tahun 2027 dan 291 l/s di tahun 2032. Kebutuhan air rata – rata dihitung dengan persamaan (9). Sehingga kebutuhan air rata – rata di zona 1 saat tahun pengembangan yaitu 1723 l/s di tahun 2027 dan 1747 l/s di tahun 2032.

Kebutuhan air saat waktu pemakaian tertinggi atau pada jam puncak dengan koefisien 1,07 dari kebutuhan rata – rata. Kebutuhan air jam puncak dihitung dengan persamaan (10). Sehingga kebutuhan air saat jam puncak sebesar 1850 l/s di tahun 2027 dan 1875 l/s di tahun 2032.

## 2) Analisis kebutuhan air pengembangan berdasarkan pelanggan

Berdasarkan data, direncanakan pembangunan rusunami di beberapa daerah dengan kapasitas rencana maksimum sejumlah 1100 unit. Diantaranya berada di 3 subzona yang termasuk area layanan distribusi Zona 1. Tabel 2 menunjukkan rencana pembangunan rusunami.

Pada tahap pengembangan I, debit kebutuhan domestik dijumlahkan dengan kebutuhan rencana pembangunan 3 rusunami yang lokasinya berada di subzona 109, 115 dan 116. Jumlah pemakaian air domestik didapatkan dari perhitungan rata – rata pemakaian air domestik selama 5 tahun terakhir. Sehingga kebutuhan air domestik di zona 1 pada tahun pengembangan 2027 sebesar 1221,57 l/s dan tahun pengembangan 2032 sebesar 1314 l/s.

Kebutuhan air non domestik diperoleh dari data pemakaian pelanggan selama 5 tahun terakhir yang di rata – rata. Sehingga kebutuhan air non domestik di zona 1 yaitu 563,56 l/s pada tahun 2027 dan 614,40 l/s pada tahun 2032.

Kehilangan air saat pengembangan direncanakan sebesar 20%. Kehilangan air yang terjadi pada saat tahun pengembangan sebesar 357,03 l/s pada tahun 2027 dan 385,85 l/s pada tahun 2032. Kebutuhan air rata – rata dihitung dengan persamaan (9). Kebutuhan air rata – rata di zona 1 pada tahun pengembangan 2027 diperoleh 2142,16 l/s dan 2315,13 l/s pada tahun pengembangan 2032.

Pemakaian ai tertinggi dihitung menggunakan persamaan (10). Sehingga kebutuhan air jam puncak pada tahun pengembangan 2027 dan 2032 yaitu 2299,49 l/s dan 2485 l/s.

Berdasarkan data pelanggan yang diperoleh, jumlah pelanggan setiap tahunnya memiliki tren kenaikan yang lebih stabil dibandingkan dengan tren jumlah penduduk. Kemudian, dikarenakan tidak adanya data pengembangan Kota Surabaya akan ada pembangunan hunian kedepannya seperti pembangunan apartemen ataupun *vertical building* lainnya. Maka dengan adanya data pelanggan yang riil, analisa perhitungan kebutuhan air berdasarkan alokasi pemakaian air. Pengembangan di Kota Surabaya tidak berpatok pada fungsi luasan, tetapi berdasarkan nilai dari suatu lahan.

Berdasarkan data dan hasil perhitungan yang telah didapatkan, bahwa jumlah kebutuhan air pelanggan lebih besar dari pada kebutuhan air penduduk. Hal itu disebabkan karena nilai dari suatu lahan yang berarti ada pengaruh dari adanya apartemen hotel yang mengakibatkan tingginya pemakaian air walaupun memiliki luas lahan yang kecil. Sehingga dalam perencanaan pengembangan menggunakan data pertumbuhan pelanggan.

## G. Analisis Jaringan Distribusi Kondisi Eksisting

Simulasi jaringan distribusi pada kondisi eksisting menggunakan time analysis type steady state, hasilnya perlu dilakukan analisa yaitu dengan dilakukannya kalibrasi. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan kondisi yang dimodelkan menggunakan program WaterGEMS seperti yang ada di lapangan atau kondisi asli. Kalibrasi yang dilakukan mengacu pada tekanan yang berada di beberapa titik di lapangan yang

terpasang alat ukur tekanan (manometer). Kalibrasi perlu dilakukan sebagai dasar rencana pengembangan jaringan selama 10 tahun kedepan. Data sebelum kalibrasi dan setelahnya tertera pada Tabel 3. Jaringan distribusi zona 1 tertera pada Gambar 5. Selanjutnya jaringan distribusi zona 1 sebelum kalibrasi tertera pada Gambar 6 dan setelah kalibrasi pada Gambar 7.

Setelah dilakukan kalibrasi, terdapat beberapa wilayah yang merupakan kondisi kritis dikarenakan pada beberapa jam tertentu memiliki tekanan di bawah kriteria yaitu  $< 0,5$  atm. Beberapa lokasi yang memiliki tekanan rendah yaitu berada di Jl. Margorejo Indah, Jl. Tenggilis Mejoyo, Jl. Wonorejo Timur dan Jl. Medokan Sawah Timur. 4 lokasi ini menjadi evaluasi yang akan direncanakan untuk memenuhi tekanan yang disyaratkan. Tekanan yang rendah dikarenakan adanya faktor gesekan antara air dengan pipa atau bisa disebut dengan mayor losses.

## H. Evaluasi Jaringan Distribusi Kondisi Eksisting

Untuk mengatasi kondisi kritis pada jam puncak yang bertekanan rendah di bawah  $< 0,5$  atm direncanakan dengan memberi alternatif sambungan pipa di Jl. Margorejo Indah dengan diameter pipa 200 mm, Jl. Tenggilis Mejoyo dengan diameter 200 mm, Jl. Wonorejo Timur dengan diameter 200 mm dan Jl. Medokan Sawah Timur dengan diameter 200 mm.

Dengan menambahkan pipa di lokasi tersebut, tekanan yang rendah dapat teratasi sehingga tekanan sudah sesuai  $> 0,5$  atm. Hal ini dikarenakan dengan menyambungkan pipa (membuat loop) pada lokasi tersebut mendapatkan sumber dari beberapa arah sehingga dapat menyalurkan tekanan dan mengurangi losses akibat gesekan pipa. Hasil kalibrasi zona 1 pada jam puncak tertera pada Gambar 8.

## I. Analisis Tahap Pengembangan I Jaringan Distribusi

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air rata – rata yang diinput ke program WaterGEMS, kemudian dilakukan pemodelan didapatkan hasil jaringan yang tekanannya masih belum memenuhi 0,5 atm atau 5,17 mH<sub>2</sub>O pada jam – jam dengan pemakaian yang tinggi. Tekanan yang rendah berlokasi diantaranya di Jl. Pulo Wonokromo dan Jl. Gunung Anyar Sawah. Jaringan zona 1 sebelum perencanaan tertera pada Gambar 9.

Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi, direncanakan penambahan pipa yang bertujuan untuk menyalurkan tekanan yang tinggi ke yang rendah. Perencanaan pipa tersebut berada di 2 lokasi, diantaranya Jl. Pulo Wonokromo dengan diameter 300 mm dan Jl. Raya Gunung Anyar Sawah dengan diameter 200 mm. Dengan alternatif perencanaan pipa tersebut, tekanan di zona 1 telah memenuhi syarat. Selain alternatif pipa, juga direncanakan penambahan 1 pompa di IPAM Karang Pilang 3 yang menuju ke RP Ketegan. Pompa tersebut direncanakan sebagai cadangan pompa, dikarenakan di IPAM Karang Pilang 3 terdapat 4 pompa dengan kondisi on selama 24 jam. Jaringan zona 1 setelah perencanaan tertera pada Gambar 10.

## J. Analisis Tahap Pengembangan II Jaringan Distribusi

Dengan menggunakan dasar pengembangan I, dilakukan penambahan debit kebutuhan air sesuai dengan perhitungan kebutuhan air rata – rata pada pengembangan II. Dengan bertambahnya debit kebutuhan mengakibatkan tekanan yang rendah pada beberapa daerah di saat jam – jam pemakaian

tinggi. Jaringan zona 1 pada tahap II sebelum perencanaan tertera pada Gambar 11 sedangkan setelah perencanaan

#### K. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Setelah merencanakan beberapa alternatif pipa dan pompa

Tabel 4.  
RAB total perencanaan pipa pada evaluasi kondisi eksisting

No	Lokasi	Panjang (m)	Diameter (mm)	Pekerjaan	Harga (Rp) PPN 11%	Total
1	Jl. Margorejo Indah	528	200	795.185.000	87.470.430	882.655.430
2	Jl. Tenggilis Mejoyo	447	200	477.962.000	52.575.913	530.537.913
3	Jl. Wonorejo Timur	1925	300	2.019.368.000	222.130.487	2.241.498.487
4	Jl. Raya Medokan Sawah	2015	300	4.743.541.000	521.789.532	5.265.330.532
Grand Total						8.920.022.363

Tabel 5.  
RAB total perencanaan pipa pada pengembangan I

No	Lokasi	Panjang (m)	Diameter (mm)	Pekerjaan	Harga (Rp) PPN 11%	Total
1	Jl. Pulo Wonokromo	1761	300	3.299.999.000	362.999.921	3.662.998.921
2	Jl. Raya Gunung Anyar Sawah	14	200	64.887.000	7.137.605	72.024.605
Grand Total						3.735.023.526

Tabel 6.  
RAB total perencanaan pompa pada pengembangan I

No	Lokasi	Jumlah	Spesifikasi	Pekerjaan	Harga (Rp) PPN 11%	Total
1	IPAM Karang Pilang 3	1	Head : 40 m Flow : 400 l/s	7.505.458.000	825.600.380	8.331.058.380
Grand Total						8.331.058.380

Tabel 7.  
RAB total perencanaan pipa pada pengembangan II

No	Lokasi	Panjang (m)	Diameter (mm)	Pekerjaan	Harga (Rp) PPN 11%	Total
1	Jl. Tenggilis Mejoyo	406	300	780.109.000	85.812.006	865.921.006
2	Jl. Wonorejo Timur	1351	300	1.435.546.000	157.910.144	1.593.456.144
3	Jl. Medayu Utara	882	200	895.432.000	98.497.595	993.929.595
4	Jl. Tambak Medokan Ayu	868	300	2.125.882.000	233.847.108	2.359.729.108
5	Jl. Medokan Asri Tengah	1160	300	2.870.611.000	315.767.302	3.186.378.302
6	Jl. Raya Medokan Sawah	525	300	987.488.000	108.623.727	1.096.111.727
Grand Total						10.095.525.884

tertera pada Gambar 12.

Untuk mengatasi tekanan yang rendah di bawah 0,5 atm, maka direncanakan beberapa alternatif pipa. Alternatif pipa direncanakan diantaranya di Jl. Tenggilis Mejoyo dengan diameter 300 mm, Jl. Wonorejo Timur dengan diameter 300 mm, Jl. Medayu Utara dengan diameter 200 mm, Jl. Tambak Medokan Ayu dengan diameter 300 mm, Jl. Medokan Asri Tengah dengan diameter 300 mm, dan Jl. Raya Medokan Sawah dengan diameter 300 mm. Setelah penambahan alternatif pipa tersebut.

Berdasarkan hasil perencanaan di atas, pada jam puncak terdapat hasil tekanan yang memiliki tekanan < 0,5 atm di Jl. Wonorejo Timur pada subzona 119 dan Jl. Raya Medokan Sawah Timur pada subzona 117. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut, alternatif yang telah dibuat pada saat evaluasi kondisi eksisting di Jl. Wonorejo Timur dengan diameter 200 mm dan Jl. Raya Medokan Sawah dengan diameter 200 mm direncanakan kembali dengan mengubah diameter menjadi 300 mm. Perencanaan tersebut dilakukan agar alternatif yang dibuat pada kondisi eksisting mampu mengatasi masalah yang terjadi hingga pada saat pengembangan II. Karena adanya perubahan tersebut, mempengaruhi besar tekanan pada jaringan. Jaringan distribusi zona 1 pada kondisi eksisting setelah evaluasi saat jam puncak tertera pada Gambar 13. Sedangkan pada tahap pengembangan I tertera pada Gambar 14 dan pada tahap pengembangan II tertera pada Gambar 15.

untuk pengembangan yang berada di beberapa lokasi, Rencana Anggaran Biaya (RAB) juga diperhitungkan untuk mengetahui besar biaya yang dikeluarkan pada saat evaluasi maupun tahap pengembangan. RAB total perencanaan pada kondisi eksisting tertera pada Tabel 4. Sedangkan pada tahap pengembangan I untuk pipa tertera pada Tabel 5 dan untuk pompa tertera pada Tabel 6. Selanjutnya RAB pipa tahap pengembangan II tertera pada Tabel 7.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengembangan jaringan distribusi air bersih di zona 1 Kota Surabaya, dapat diambil kesimpulan yaitu pertumbuhan jumlah pelanggan pada saat pengembangan mengalami peningkatan. Pada pengembangan I tahun 2027 jumlah pelanggan domestik dan non domestik mengalami pertumbuhan 16,9% dan 16,9%. Untuk pengembangan II tahun 2032 mengalami peningkatan jumlah pelanggan domestik dan non domestik sebesar 7,6% dan 9,0%.

Kebutuhan air rata – rata pada kondisi eksisting tahun 2022 sebesar 2001,34 l/s, pada pengembangan I tahun 2027 mengalami kenaikan sebesar 140,81 l/s sedangkan pengembangan II tahun 2032 mengalami kenaikan sebesar 172,97 l/s.

Berdasarkan hasil analisa jaringan distribusi dengan bantuan program WaterGEMS, pada kondisi eksisting

terdapat 4 lokasi yang memiliki tekanan < 0,5 atm sehingga dibuat alternatif dengan merencanakan pipa di Jl. Margorejo Indah, Jl. Tenggilis Mejoyo, Jl. Wonorejo Timur, Jl. Raya Medokan Sawah.

Kemudian pada pengembangan I tahun 2027 terdapat 2 lokasi yang memiliki tekanan < 0,5 atm sehingga dibuat alternatif dengan merencanakan pipa di Jl. Pulo Wonokromo dan Jl. Raya Gunung Anyar Sawah. Serta alternatif pompa yang berfungsi sebagai cadangan di IPAM Karang Pilang 3.

Untuk pengembangan II tahun 2032 terdapat 6 lokasi yang dilakukan alternatif dengan perencanaan pipa dikarenakan tekanan yang < 0,5 atm. Lokasi tersebut berada di Jl. Tenggilis Mejoyo, Jl. Wonorejo Timur, Jl. Medayu Utara, Jl. Tambak Medokan Ayu, Jl. Medokan Asri Tengah dan Jl. Raya Medokan Sawah.

Berdasarkan alternatif yang direncanakan, diperoleh RAB untuk evaluasi sebesar Rp8.920.022.363, pengembangan I sebesar Rp12.066.081.906 dan pengembangan II sebesar Rp10.095.525.884. Terdapat saran untuk perencanaan yang lebih lanjut dalam menganalisis rencana pengembangan jaringan distribusi air bersih zona 1 Kota Surabaya, yaitu perlu memperhatikan beberapa hal antara lain : (1) Memperhatikan sumber air baku untuk kebutuhan di

tahun pengembangan, sehingga kebutuhan air pelanggan tetap terpenuhi; (2) Jumlah pompa di IPAM Karang Pilang 3 yang jumlahnya terbatas dan digunakan terus menerus yang dapat mengakibatkan kerusakan pada pompa. Sehingga direncanakan penambahan 4 pompa dengan mempertimbangkan biaya

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya atas bantuan, ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Riyanto and W. Wardoyo, "Evaluasi jaringan distribusi air bersih wilayah zona 2 perusahaan daerah air minum surya sembada kota surabaya dengan program WaterGEMS V8i," *Hidroteknik*, vol. 3, no. 2, pp. 1--10, 2018.
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum, "Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum," Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2007.
- [3] SNI, *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam – Bagian 1: Sumber Daya Air*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2015.