

Implementasi Aplikasi EPANET Dalam Evaluasi Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kolaka

Romy Talanipa*, Tryantini Sundi Putri**, Fathur Rahman Rustan***, Andi Tria Yulianti ***

* Teknik Sipil, Teknik, Universitas Halu Oleo

** Teknik Sipil, Teknik, Universitas Halu Oleo

*** Teknik Sipil, Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka

**** Teknik Sipil, Teknik, Universitas Halu Oleo

*romy.talanipa_ft@uho.ac.id, **tryantinisputri@uho.ac.id, ***ur_mantan@usn.ac.id

ABSTRACT

The need for raw water for various reasons, particularly clean water for households, public areas, and industry, will continue to rise as the world's population grows and the pace of growth in various fields accelerates. However, because the existing supply of clean water infrastructure is still limited, it has not been able to cover all of the country's water needs. Residents in Latambaga District, Kolaka Regency, are likewise concerned about the lack of safe water. Although the area has adequate water sources (river water) and a distribution network that distributes clean water to the population, the issue is getting water from these water sources to areas where there isn't an optimal clean water distribution network so that it can be used by the community population. As a result, it is required to assess PDAM Kolaka's clean water distribution network by employing the EPANET program application in its analysis. The findings of the pipeline network evaluation using the EPANET 2.0 application, the diameter of the pipes used in the evaluation, pipes with a diameter of 1" to 4", and the demand for 1,003 rods of PVC pipes.

Keyword: Evaluation, Distribution, EPANET 2.0.

1. Introduction

Pemanfaatan sumber air membutuhkan kesadaran yang sangat tinggi mengingat saat ini dunia mengalami krisis yang dapat menghambat perkembangan masyarakat. *Sustainable Development Goals* (SDGs) adalah rencana aksi global, terdapat 17 tujuan yang ingin dicapai pada tahun 2030, salah satunya adalah "TUJUAN 6. Memastikan ketersediaan dan manajemen air bersih yang berkelanjutan dan sanitasi bagi semua" yang saat ini tengah berjalan. Bagaimanapun daerah pedalaman di negara-negara berkembang di seluruh dunia sungguh sangat kekurangan, dimana 8 dari 10 orang tidak memiliki akses air bersih yang aman. Sebagaimana catatan WHO dan UNICEF, baru 87% dari populasi dunia yang memiliki akses air layak konsumsi. Sebuah kemajuan sebesar 10% dalam dua dekade terakhir [1].

Kebutuhan air baku untuk berbagai keperluan, terus meningkat mengikuti jumlah penduduk yang terus bertambah dan semakin berkembangnya laju pembangunan di berbagai bidang. Di sisi lain, jumlah penyediaan air bersih saat ini masih terbatas dan tidak dapat mencukupi semua kebutuhan air. Masalah ketersediaan air bersih ini juga dihadapi oleh penduduk di Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka. Meskipun wilayah tersebut memiliki sumber air (air sungai) yang cukup memadai serta jaringan pendistribusian yang menyalurkan air bersih ke masyarakat penduduk, namun yang menjadi kendala adalah bagaimana cara menangkap dan menyalurkan air dari sumber air tersebut ke wilayah yang tidak memiliki jaringan distribusi air bersih secara optimal sehingga dapat dimanfaatkan oleh penduduk. Dengan memperhatikan lokasi serta potensi yang ada, maka diharapkan kebutuhan air bersih di Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka dapat terpenuhi.

Pada Kecamatan Latambaga memiliki luas 188,53 km² yang mencakup beberapa kelurahan yaitu Induha, Ulunggolaka, Mangolo, Kolakaasih, Sea, Latambaga dan Sakuli. Dari beberapa wilayah tersebut, jaringan distribusi yang disalurkan oleh PDAM Kolaka ada 3 jaringan wilayah yaitu wilayah 1 daerah Latambaga dan Sakuli, wilayah 2 daerah Sea dan Latambaga, dan wilayah 8 daerah Kolakaasih. Untuk mengalirkan jaringan distribusi ke wilayah-wilayah tersebut PDAM Kolaka menggunakan pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*) dengan ukuran diameter 32, 48, 50, 60, 75, 100 dan 150.

Pada tahun 2020 jumlah penduduk di Kecamatan Latambaga, sebanyak 33.917 jiwa. Jumlah penduduk yang terus meningkat, serta kebutuhan air yang bertambah sedangkan ketersediaan air yang terbatas maka menimbulkan tidak seimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan yang terjadi di beberapa wilayah Kelurahan Latambaga dan Kelurahan Sakuli. Oleh karenanya diperlukan suatu evaluasi jaringan distribusi air bersih PDAM Kolaka dengan mengimplementasi penggunaan aplikasi program EPANET didalam analisisnya.

1.1. Sumber Air

Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air bahwa yang di maksud dengan air adalah semua yang terdapat pada, diatas ataupun dibawah permukaan tanah,termaksud dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan,dan air laut. Air juga merupakan factor penyebab penyakit yang berasal dari tinja untuk sampai kepada manusia. Butuh pengolahan air yang baik supaya air yang masuk ketubuh manusia baik berupa makanan dan minuman tidak menyebabkan penyakit. Pengolahan air baik berasal dari sumber, jaringan transmisi atau distribusi adalah mutlak di perlukan untuk mencegah terjadinya kontak antara kotoran sebagai sumber penyakit dengan air yang di perlukan [2].

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan air minum terdapat pengertian mengenai air minum yaitu air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Secara umum sumber air dibagi atas :

1) Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat pada permukaan tanah. Pada perinsipnya air permukaan terbagi menjadi:

- a) Air Sungai adalah air hujan yang jatuh kepermukaan bumi dan tidak meresap kedalam tanah akan mengalir secara gravitasi searah dengan kemiringan permukaan tanah dan mengalir melewati aliran sungai. Sebagai salah satu sumber air minum, air sungai harus mengalami pengolahan secara sempurna karena pada umumnya memiliki derajat pengotoran yang tinggi.
- b) Air Danau adalah air permukaan (berasal dari hujan atau air tanah yang keluar ke permukaan tanah), terkumpul pada suatu tempat yang relatif rendah/ cekung.

2) Air Tanah

Air tanah adalah air yang berasal dari jatuhnya air hujan ke permukaan tanah / bumi, kemudian meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori didalam tanah. Air tanah terbagi atas:

- a) Air Tanah Dangkal, terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah.
- b) Air Laut adalah salah satu sumber air walaupun tidak termasuk kategori yang bias dipilih sebagai sumber air baku untuk air bersih atau air minum, karena memiliki kandungan garam (NaCl) yang cukup besar [3].

1.2. Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah debit air yang perlu ada untuk distribusi daerah pelayanan. Faktor yang berpengaruh pada kebutuhan air yaitu jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Dimana kecenderungan populasi dan sejarah populasi digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik terutama dalam penentuan kecenderungan laju pertumbuhan.

1.2.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kebutuhan Air

Pemakaian air rata-rata liter/orang/hari berbeda di suatu negara dengan negara lainnya, kota dengan kota lainnya, desa dengan desa lainnya. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) Besar kecilnya daerah;
- 2) Tingkat kehidupan penduduk;
- 3) Harga air;
- 4) Iklim;
- 5) Tekanan air;
- 6) Sistem penyambungan;
- 7) Kualitas air;
- 8) Sistem manajemen penyediaan air.

1.2.2. Analisis Kebutuhan Air

1) Kebutuhan Domestik.

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

2) Kebutuhan Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga.

Kebutuhan air non domestik antara lain:

- a) Kebutuhan institusional adalah kebutuhan air untuk kegiatan perkantoran dan kegiatan pendidikan atau sekolah.

- b) Kebutuhan komersial adalah kebutuhan air bersih untuk kegiatan hotel, pasar, pertokoan, dan restoran.
- c) Kebutuhan industri adalah kebutuhan air bersih untuk air pendingin, air pada boiler untuk pemanas, dan bahan baku proses produksi.
- d) Kebutuhan fasilitas umum adalah kebutuhan air bersih untuk kegiatan tempat-tempat ibadah, terminal dan tempat rekreasi.

Kebutuhan air non domestik ditentukan dari besarnya kebutuhan air domestik. Besarnya kebutuhan air non domestik dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

- a) Kota Besar : $(30 - 45) \% \times$ kebutuhan air domestik
- b) Kota Sedang : $(20 - 30) \% \times$ kebutuhan air domestik
- c) Kota kecil : $(10 - 20) \% \times$ kebutuhan air domestik

Besarnya kebutuhan Standar kebutuhan air bersih non domestik [4] dapat dilihat pada tabel 1 sampai tabel 3.

Tabel 1. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III dan IV

No.	Sektor	Nilai	Satuan
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/tempat tidur/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/hari
4	Masjid	3000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/tempat tidur/hari
8	Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9	Kompleks Militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan Industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11	Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Tabel 2. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (Desa)

No.	Sektor	Nilai	Satuan
1	Sekolah	5	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/tempat tidur/hari
3	Puskesmas	1200	Liter/unit/hari
4	Masjid	3000	Liter/unit/hari
5	Mushola	2000	Liter/unit/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Komersial/industri	10	Liter/hari

Tabel 3. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori Lain

No.	Sektor	Nilai	Satuan
1	Lapangan Terbang	10	Liter/orang/detik
2	Pelabuhan	50	Liter/orang/detik
3	Terminal Bus	10	Liter/orang/detik
4	Kawasan Industri	0,75	Liter/detik/hektar

1.3. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk adalah perkiraan jumlah penduduk pada beberapa tahun mendatang dan disesuaikan dengan periode perencanaan yang diinginkan berdasarkan data pertumbuhan jumlah penduduk selama 3 tahun terakhir, serta rata – rata kenaikan jumlah penduduk selama tiga tahun terakhir.

Pengelompokan data dengan deskriptif dipengaruhi oleh jumlah penduduk pada tahun n. Untuk mengetahui jumlah penduduk terdapat beberapa metode yang dipakai [5], antara lain :

1) Metode Arithmatik

Proyeksi penduduk dengan metode arimatik mengsumsikan bahwa jumlah penduduk bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun.

$$P_t = P_o \cdot (1 + r \cdot t) \quad (1)$$

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_o} - 1 \right) \quad (2)$$

Keterangan :

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke-t;
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar;
- r = Laju pertumbuhan penduduk;
- t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

2) Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk bertambah secara geometrik dan laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama setiap tahun.

$$P_t = P_o \cdot (1 + r)^n \quad (3)$$

$$r = \left(\frac{P_t}{P_o} \right)^{1/t} - 1 \quad (4)$$

Keterangan :

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke-t;
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar;
- r = Laju pertumbuhan penduduk;
- t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

3) Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$P_t = P_o \cdot e^{r \cdot n} \quad (5)$$

$$r = \frac{(\text{Log } P_t - \text{Log } P_o)}{n \cdot \text{loge}} \quad (6)$$

Dimana :

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke-t;
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar;
- n = Jumlah tahun proyeksi;
- r = Laju pertumbuhan penduduk;
- e = Bilangan logaritma natural.

1.4. Kehilangan Tinggi Tekanan Pipa

Kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan sepanjang aliran melalui pipa perlu dihitung untuk mengetahui berapa besar kehilangan tekanan yang terjadi pada pipa sehingga dapat dihitung sisa tekanan yang ada pada pipa, apakah memenuhi persyaratan atau tidak. Kehilangan tekanan akibat gesekan sepanjang pipa yang dilalui dapat menggunakan persamaan Hazen-Williams.

$$h_{L \text{ (mayor)}} = \left(\frac{Q}{0,279 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right)^{1,85} \cdot L \quad (7)$$

Dimana :

- h_L = Kehilangan tekan (m)
- D = Diameter pipa (m)
- Q = Debit aliran (m³/detik)
- C = Koef. Hazen-Williams
- L = Panjang pipa (m)

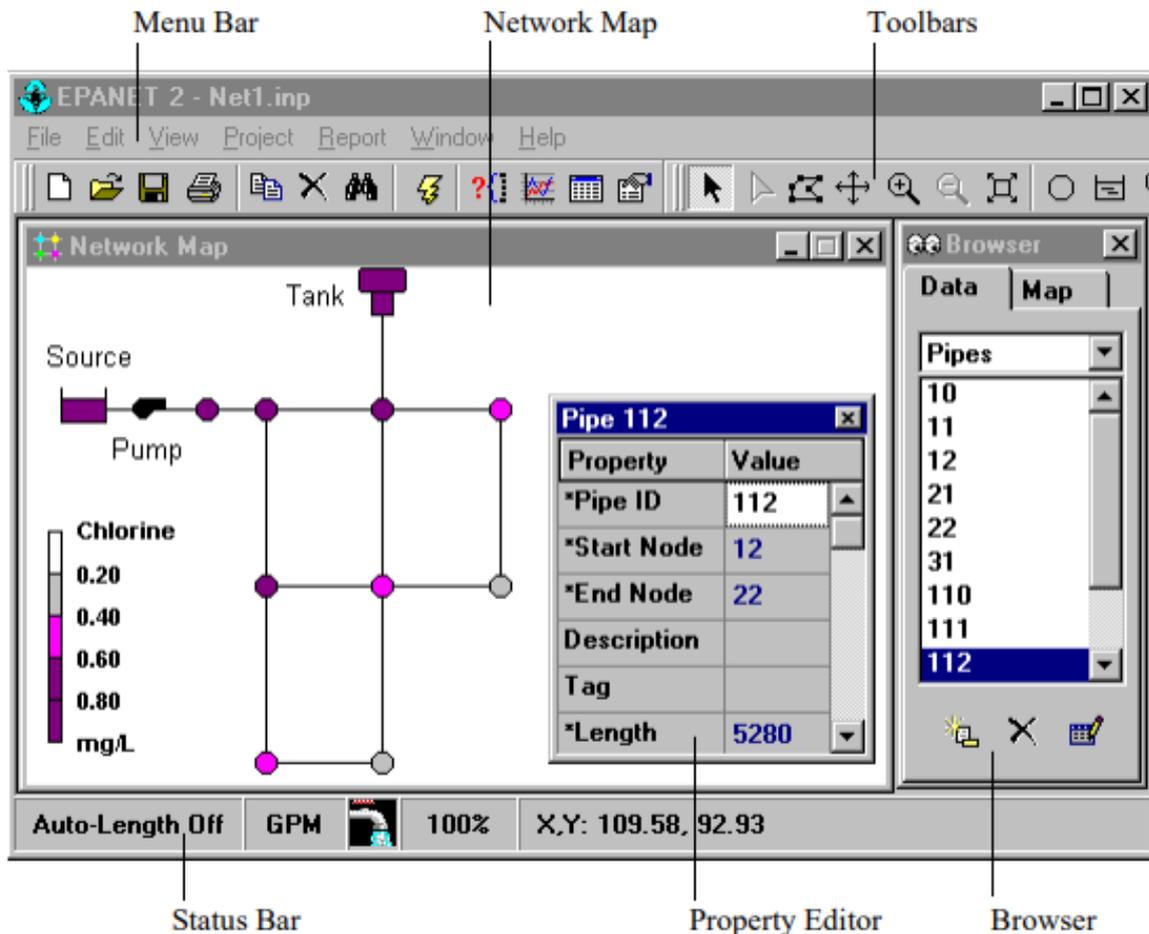
Nilai koefisien gesekan Hazen-Williams tergantung pada jenis material pipa dan umur pemakaian pipa. Besarnya nilai koefisien Hazen Williams untuk beberapa jenis material pipa yang biasa digunakan tercantum dalam tabel 4 [6].

Tabel 4. Koefisien Kekasaran (C) Pipa H-W (Hazen-Williams)

Jenis Pipa	Nilai C
Galvanized Iron	120
Plastic	140 – 150
Steel	140 - 150

1.5. Aplikasi EPANET 2.0

Epanet adalah program komputer yang digunakan untuk pemodelan jaringan pipa dan bersifat public-domain. Epanet dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency* (USEPA). Epanet mampu mensimulasikan perilaku hidraulika dan kualitas air pada jaringan pipa dengan menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kuantitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Simulasi perilaku hidraulika bisa dilakukan untuk waktu tunggal atau beberapa waktu misalnya selama 24 jam.



Gambar 1. Overview Aplikasi Epanet 2.0

Permasalahan klasik aliran dalam jaringan pipa menyebutkan bahwa debit aliran dan energi tekanan titik dalam jaringan pipa merupakan parameter yang hendak diketahui. Dua persamaan dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan ini. Persamaan pertama mensyaratkan konversi debit (kontinuitas) terpenuhi di setiap *node* (*junction*). Persamaan kedua merupakan hubungan nonlinier antara debit dan kehilangan energi di setiap pipa, seperti persamaan Darcy-Weisbach dan Hazen-Williams dengan rumus sebagai berikut:

Persamaan Darcy Weisbach:

$$H_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (8)$$

Keterangan :

- H_f = Kehilangan energi (*Headloss*) dalam satuan meter;
- f = Koefisien Darcy (koefisien tak berdimensi);
- L = Panjang pipa (m);
- d = Diameter pipa (m);
- v = Kecepatan aliran air (m²);
- g = Percepatan gravitasi.

Persamaan Hazen Williams:

$$H_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,85}} \quad (9)$$

Dimana :

- Q = Debit aliran (m³/detik);
- C = Koef. Hazen-Williams.

1) Kegunaan Program EPANET 2.0

- a) Untuk mengetahui perkembangan dan pergerakan air serta degradasi unsur kimia yang ada dalam air pipa distribusi.
- b) Untuk dasar analisa dan berbagai macam sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi hidrolik, analisa sisa khlor dan berbagai unsur lainnya.
- c) Untuk membantu menentukan alternatif strategis manajemen dan sistem jaringan pipa distribusi air bersih seperti:
 - [1] Penentuan alternatif sumber / instalasi, apabila terdapat banyak sumber / instalasi.
 - [2] Simulasi dalam menentukan alternatif pengoperasian pompa dalam melakukan pengisian reservoir maupun injeksi ke sistem distribusi.
 - [3] Digunakan sebagai pusat treatment seperti dengan dilakukan proses.
 - [4] Khlorinasi, baik diinstalasi maupun dalam sistem jaringan.
 - [5] Digunakan sebagai penentuan prioritas terhadap pipa yang akan dibersihkan/ diganti.

2) Input Data dalam EPANET 2.0

Data data yang dibutuhkan dalam EPANET 2.0 sangat penting sekali dalam proses analisa, evaluasi dan simulasi jaringan air bersih berbasis EPANET. Input data yang dibutuhkan adalah:

- a) Peta jaringan.
- b) *Node/junction*/titik dari komponen distribusi.
- c) Elevasi.
- d) Panjang pipa distribusi.
- e) Diameter dalam pipa.
- f) Jenis pipa yang digunakan.
- g) Umur pipa.
- h) Jenis sumber (mata air, sumur bor, IPAM, dan lain lain).
- i) Spesifikasi pompa (bila menggunakan pompa).
- j) Bentuk dan ukuran reservoir.
- k) Beban masing-masing node (besarnya tapping).
- l) Faktor fluktuasi pemakaian air.
- m) Konsentrasi khlor di sumber.

3) Output yang dihasilkan diantaranya adalah *hidrolik head* masing - masing titik, tekanan, *velocity* dan *unit headloss*.

2. Research Method

Penelitian ini mengambil lokasi daerah pelayanan PDAM Kolaka di Kelurahan Latambaga, Kecamatan Latambaga, Kabupaten Kolaka dengan jumlah populasi 5.380 jiwa [7]. Sedangkan untuk penentuan jumlah sampel dalam penelitian digunakan rumus Slovin [8] :

$$n = \frac{N}{1 + N (e)^2} \quad (10)$$

Dengan : n = Jumlah sampel;
N = Jumlah populasi penduduk;
e = Batas toleransi error 10%.

Adapun jumlah sampel penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{5380}{1 + 5380 \cdot (10\%)^2}$$

n = 98,2 jiwa disesuaikan oleh peneliti menjadi 100 responden.

Sehingga diperoleh sampel sebanyak 100 responden yang diambil dari pelanggan pengguna air PDAM Kolaka.

Sebelum mengimplementasi hasil penelitian ke dalam aplikasi EPANET 2.0, perlu dilakukan pengumpulan data berupa : (a) Data primer antara lain : penyebaran kuesioner (mendapatkan informasi yang dibutuhkan serta data yang mendukung penelitian), pengamatan kondisi mata air dan sungai (mengetahui keadaan eksisting lokasi penelitian), pengambilan titik koordinat sungai dan mata air menggunakan alat *Global Positioning System* (mengetahui letak ketinggian sungai dan mata air sehingga dapat digunakan dalam pengolahan dan analisis data), dan pengambilan data penduduk Kecamatan Latambaga; (b) Data sekunder yaitu : peta kecamatan Latambaga, data kebutuhan domestik dan non-domestik, peta jaringan distribusi air PDAM Kolaka, dan sumber air.

Adapun tahapan analisis data yang dipakai adalah (a) perhitungan kebutuhan air bersih dengan cara survey kebutuhan air secara nyata (RDS) dan proyeksi penduduk; (b) perhitungan perpipaian untuk memperoleh nilai kecepatan, *head statis*, *pressure*, dan kehilangan tekanan tiap ruas pipa dengan menggunakan aplikasi EPANET 2.0. Secara lengkap tahapan analisis dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

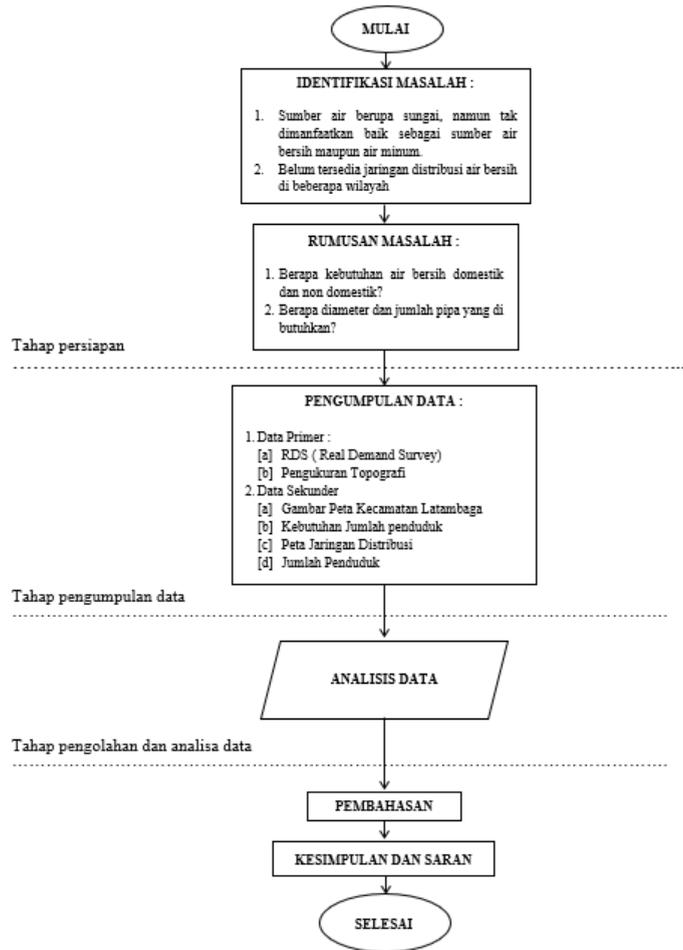
3. Result and Analysis

3.1. Data Umum

Saat ini PDAM Kolaka melayani area cakupan Kecamatan Latambaga dan Kecamatan Kolaka. PDAM Kolaka mampu memproduksi air dengan kapasitas sebesar 90,00 liter/detik yang siap didistribusikan kepada pelanggan. PDAM Kolaka memanfaatkan Sungai Sakuli sebagai sumber air baku utama dengan titik koordinat 121°35'33"E yang terletak 4 - 5 km dari Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM). Sistem pengaliran yang digunakan PDAM Kolaka dalam mendistribusikan air ke pelanggan menggunakan sistem gravitasi di mana letak IPAM memiliki elevasi yang lebih tinggi (+57 mdpl) [9].

3.2. Real Demand Survey (RDS)

Survei kebutuhan nyata atau *Real Demand Survey* adalah hasil survey langsung yang dilakukan pada masyarakat dan menjadi sampel penelitian (100 responden) yang dianggap mewakili total jumlah penduduk masyarakat Kecamatan Latambaga. Teknik Pengambilan sampel dilakukan secara acak/random terhadap pelanggan PDAM Kolaka di Kecamatan Latambaga. Tabel 5 disajikan untuk menjadi gambaran kebutuhan air bersih berdasarkan RDS.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Tabel 5. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan *Real Demand Survey*

No.	Jenis Konsumsi	Kebutuhan Perhari (m ³ /hari)	Kebutuhan Perhari (m ³ /bulan)	Rata-Rata Kebutuhan Air (liter/orang/hari)
1	Minum	0,62	18,49	1,50
2	Dapur	2,54	76,14	6,16
3	Mandi dan Cuci	20,61	618,30	50,02
4	Lain-Lain	1,69	50,56	4,09
J u m l a h		25,45	763,49	61,77

Berdasarkan tabel 5 diketahui *Real Demand Survey* (RDS) kebutuhan air rata-rata Kecamatan Latambaga 61,77 liter/orang/hari, dan masih sesuai dengan standar kebutuhan air bersih untuk kategori wilayah dengan kepadatan penduduk di bawah 20.000 jiwa.

3.3. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk beberapa tahun kedepan pada suatu daerah penelitian. Proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Latambaga pada Kelurahan Latambaga dan Kelurahan Sakuli di hitung hingga 10 tahun kedepan dengan mengacu pada junulah penduduk 10 tahun terakhir dari tahun 2011 sampai tahun 2020 untuk menentukan jumlah kebutuhan air di daerah tersebut.

Metode yang digunakan dalam proyeksi jumlah penduduk adalah metode Aritmatika, metode Geometrik, dan metode Eksponensial. Dari tiga metode tersebut akan dipilih satu metode dengan mengacu pada pertumbuhan penduduk Kecamatan Latambaga pada Kelurahan Latambaga dan Kelurahan Sakuli dan mencari hasil proyeksi yang mendekati real kondisi eksisting di lapangan, dengan mencari faktor korelasi yang paling mendekati 1 (satu).

Dari hasil perhitungan faktor korelasi (r) dan standar deviasi ($stdvs$) dari 3 (tiga) metode tersebut dapat dilihat hasil perhitungan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk

Tahun	Proyeksi Jumlah Penduduk		
	Metode Aritmatik	Metode Geometrik	Metode Ekponensial
R	0,415	0,993	1
stdvs	13.787,83	13.781,56	13.780,97

Dari hasil perhitungan koefisien korelasi (r) dan standar deviasi ($stdvs$) dengan menggunakan metode Aritmatik, Geometrik, dan Eksponensial maka diperoleh hasil bahwa metode Eksponensial memiliki korelasi terbesar yang mendekati ± 1 dan standar deviasi terkecil.

3.4. Kebutuhan Air

Hasil analisa data kebutuhan air bersih domestik pada sambungan rumah (SR) dan non-domestik (2 unit kantor dan 4 unit tempat peribadatan) tahun penelitian hingga 10 tahun kedepan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Kebutuhan Air Bersih Domestik dan Non Domestik

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Domestik		Non-Domestik		Jumlah Total Kebutuhan Air (liter/detik)	Kebutuhan Air Rata-Rata (liter/detik)
		SR (liter/detik)	Kantor (liter/detik)	Masjid (liter/detik)	Masjid (liter/detik)		
2020	4524	1,818	0,013	0,139	0,139	1,970	2,462
2021	5498	1,828	0,013	0,139	0,139	1,980	2,476
2022	5618	1,838	0,013	0,139	0,139	1,990	2,488
2023	5741	1,849	0,017	0,143	0,143	2,009	2,511
2024	5867	1,976	0,017	0,143	0,143	2,136	2,669
2025	5996	1,987	0,017	0,143	0,143	2,147	2,684
2026	6128	1,998	0,026	0,152	0,152	2,176	2,720
2027	6262	2,009	0,026	0,152	0,152	2,187	2,734
2028	6400	2,092	0,026	0,152	0,152	2,270	2,838
2029	6540	2,107	0,029	0,155	0,155	2,291	2,863
2030	6683	2,116	0,029	0,155	0,155	2,300	2,875

3.2. Hasil Pengolahan Dengan Program Epanet 2.0

Dalam pengolahan semua data pada aplikasi EPANET 2.0, satuan volume yang digunakan adalah LPS (*liter per second*) dan perhitungan hidrolis pipa menggunakan formula H-W (Hazen-Williams) dengan koefisien kekasaran (C) pipa PVC (*polivinil klorida*) sebesar 140. Kecepatan aliran dibatasi dengan faktor-faktor tertentu, kecepatan yang terlalu tinggi bisa mengakibatkan penggerusan permukaan pipa. Sebaliknya, kecepatan aliran yang terlalu rendah dapat mengakibatkan pengendapan pada jalur perpipaan. Beberapa standar yang perlu diperhatikan dalam mengolah aplikasi EPANET 2.0 yaitu untuk $Velocity = 0,3 - 3 \text{ m/s}$, $Unit \text{ Headloss} = 0 - 10 \text{ m/km}$ dan $Pressure = 10 - 100 \text{ m}$.

3.2.1. Evaluasi Jaringan Berdasarkan Peta Perencanaan

Adapun hasil pengolahan data berdasarkan peta jaringan eksisting menggunakan aplikasi EPANET 2.0 disajikan dalam Tabel 8 dan Tabel 9.

Berdasarkan hasil running dengan aplikasi EPANET 2.0 diketahui $velocity$ terbesar terdapat pada pipa 2 yaitu $0,44 \text{ m/s}$ dan $velocity$ terendah berada pada pipa 5 yaitu $0,07 \text{ m/s}$ yang dipengaruhi oleh jarak tempuh dan diameter pada pipa. Sedangkan untuk $unit \text{ headloss}$ terbesar berada pada pipa 6 yaitu $2,99 \text{ m/km}$ dan $unit \text{ headloss}$ terendah berada pada pipa 5 yaitu $0,12 \text{ m/km}$ yang dipengaruhi oleh faktor gesekan pada pipa.

Tabel 8. Hasil analisis *Velocity* dan *Unit Headloss*

No. Pipa	Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	Panjang Pipa (m)	Jenis Pipa	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipa 1	100	4"	200	PVC	0,42	2,14
Pipa 2	50	2"	200	PVC	0,44	3,30
Pipa 3	75	3"	100	PVC	0,22	0,93
Pipa 4	100	4"	200	PVC	0,16	0,79
Pipa 5	75	3"	600	PVC	0,07	0,12
Pipa 6	50	2"	450	PVC	0,33	2,99
Pipa 7	75	3"	402	PVC	0,17	0,86
Pipa 8	75	3"	450	PVC	0,13	0,23
Pipa 9	50	2"	250	PVC	0,15	0,43
Pipa 10	50	2"	500	PVC	0,16	0,83

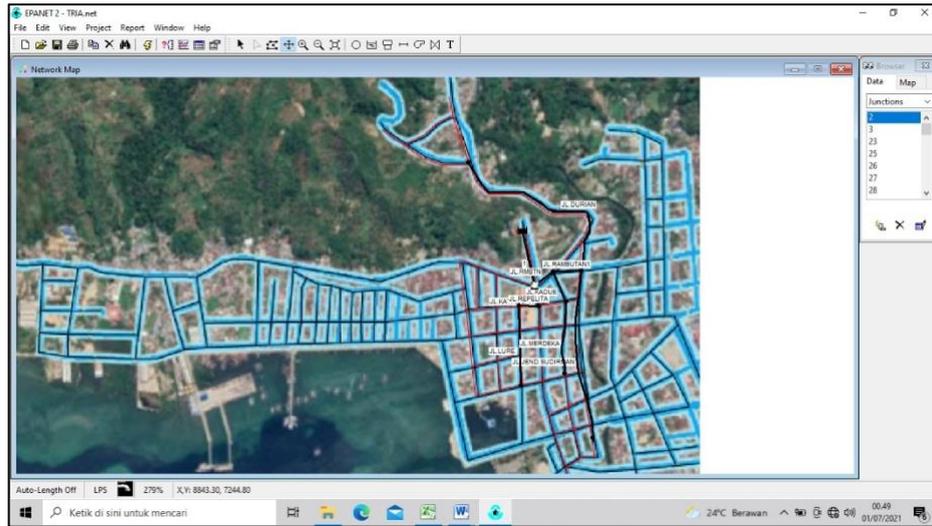
Tabel 9. Hasil analisis *Pressure*

No. Node	Elevasi (m)	Kebutuhan Dasar (liter/detik)	Pressure (m)
Node 1	5	0,36	52,75
Node 2	9	0,344	48,73
Node 3	4	0,34	53,75
Node 4	10	0,341	47,75
Node 5	2	0,310	55,75
Node 6	4	0,33	53,75
Node 7	1	0,314	56,75
Node 8	3	0,325	54,75
Node 9	2	0,323	55,75
Node 10	1	0,321	56,75
Reservoir	57,75	#N/A	0,00

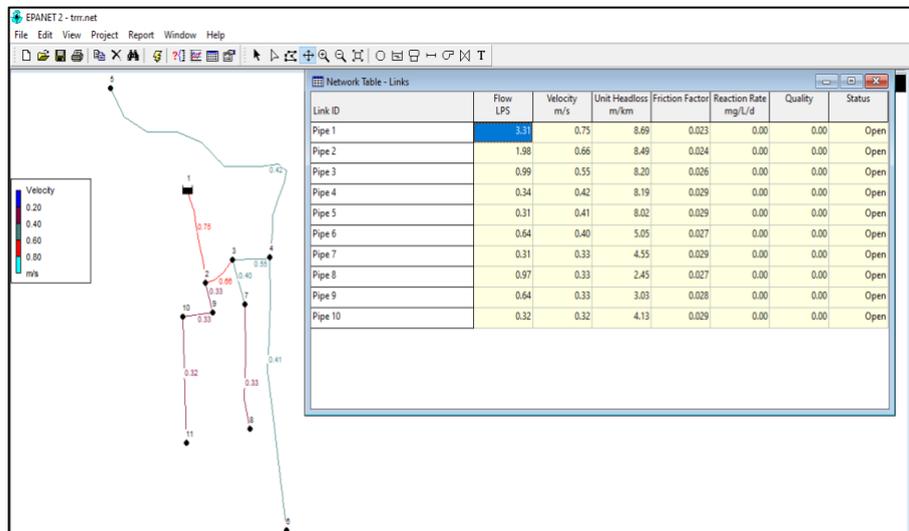
Berdasarkan hasil running dengan aplikasi EPANET 2.0 nilai tekanan (*pressure*) pada node 1 – 10 masih berada pada standar-standar efisiensi ketetapan yaitu (10 – 100 m). Nilai *pressure* terbesar terdapat pada node 7 dan 10 yaitu 56,77 m sedangkan nilai *pressure* terkecil terdapat pada node 4 yaitu 47,75 m. Naik atau turunnya nilai *pressure* dipengaruhi oleh faktor kecepatan aliran, diameter pipa serta debit aliran pada pipa.

3.2.2. Evaluasi Jaringan Berdasarkan Peta *Google Earth EPANET 2.0*

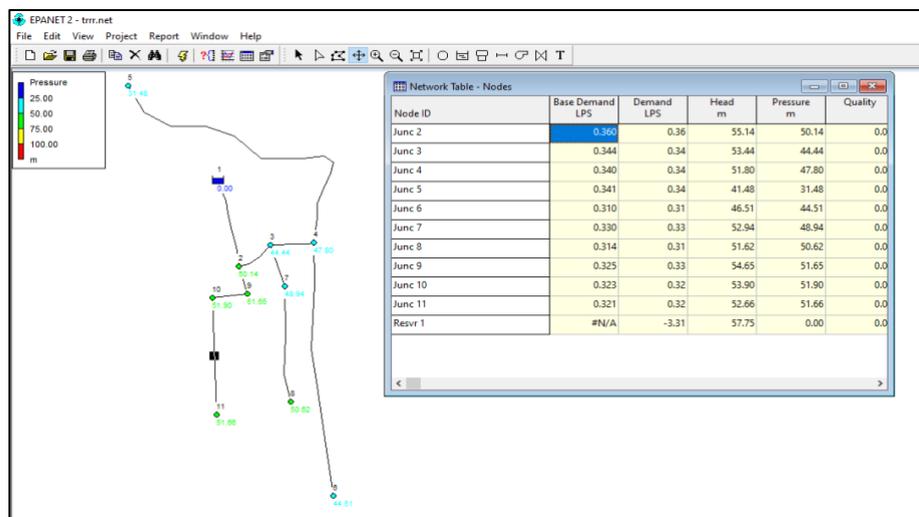
Gambar hasil evaluasi jaringan berdasarkan peta *Google Earth*, desain jaringan simulasi inputan nilai *Velocity*, *Unit Headloss*, *Pressure* ditampilkan berturut-turut dalam gambar 3 – 5.



Gambar 3. Peta Jaringan Pipa Backdrop EPANET 2.0



Gambar 4. Desain Jaringan Simulasi EPANET 2.0 (Nilai Velocity dan Unit Headloss)



Gambar 5. Desain Jaringan Simulasi EPANET 2.0 (Nilai Pressure)

Adapun hasil pengolahan data berdasarkan peta jaringan dengan dasar tahun perencanaan hingga 10 tahun kedepan menggunakan aplikasi EPANET 2.0 disajikan dalam Tabel 10 – 11.

Tabel 10. Hasil analisis *Velocity* dan *Unit Headloss* Tahun 2021

No. Pipa	Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	Panjang Pipa (m)	Jenis Pipa	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/km)
Pipa 1	75	3"	300	PVC	0,75	8,69
Pipa 2	60	2"	200	PVC	0,66	8,49
Pipa 3	48	1 ½"	200	PVC	0,55	8,20
Pipa 4	32	1"	1.260	PVC	0,42	8,19
Pipa 5	32	1"	660	PVC	0,41	8,02
Pipa 6	48	1 ½"	100	PVC	0,40	5,05
Pipa 7	32	1"	290	PVC	0,33	4,55
Pipa 8	60	2"	200	PVC	0,33	2,45
Pipa 9	48	1 ½"	250	PVC	0,33	3,03
Pipa 10	48	1 ½"	300	PVC	0,32	4,13

Berdasarkan hasil running dengan aplikasi EPANET 2.0 diketahui *velocity* terbesar terdapat pada pipa 1 yaitu 0,75 m/s dan *velocity* terendah berada pada pipa 10 yaitu 0,32 m/s. Sedangkan untuk *unit headloss* terbesar berada pada pipa 1 yaitu 8,69 m/km dan terendah berada pada pipa 8 yaitu 2,45 m/km.

Tabel 11. Hasil analisis *Pressure* Tahun 2021

No. Node	Elevasi (m)	Kebutuhan Dasar (liter/detik)	Pressure (m)
Node 1	5	0,360	50,14
Node 2	9	0,344	44,44
Node 3	4	0,340	47,80
Node 4	10	0,341	31,48
Node 5	2	0,310	44,51
Node 6	4	0,330	48,94
Node 7	1	0,314	50,62
Node 8	3	0,325	51,65
Node 9	2	0,323	51,90
Node 10	1	0,321	51,66
Reservoir	57,75	#N/A	0,00

Berdasarkan hasil running dengan aplikasi EPANET 2.0 nilai tekanan (*pressure*) pada node 1 – 10 masih berada pada standar-standar efisiensi ketetapan yaitu (10 – 100 m). Nilai *pressure* terbesar terdapat pada node 10 yaitu 51,66 m sedangkan nilai *pressure* terkecil terdapat pada node 4 yaitu 31,48 m. Naik atau turunnya nilai *pressure* dipengaruhi oleh faktor kecepatan aliran, diameter pipa serta debit aliran pada pipa.

Di dasarkan pada hasil evaluasi jaringan pipa dengan mengimplementasi aplikasi EPANET 2.0 yang dilakukan dengan mengambil panjang pipa pada peta perencanaan dan pengukuran melalui *Google Earth* dapat dilihat perbedaannya terdapat pada tekanan atau *unit headloss*, *velocity* dan *pressure*, dimana tekanan pipa yang terjadi rata-rata lebih besar pada pengukuran menggunakan *google earth*.

3.3. Total Kebutuhan Pipa

Total panjang kebutuhan jaringan pipa adalah 4.010 meter dan jumlah pipa yang dibutuhkan adalah 1.003 batang dengan rincian sebagai berikut :

Jika diketahui pipa yang umum dipasaran adalah Pipa PVC dengan panjang per batangnya 4 meter. Sebagai contoh: Pipa 1 sepanjang 300 m.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah pipa yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Panjang jaringan pipa}}{\text{Panjang pipa}} \\
 &= \frac{300 \text{ m}}{4 \text{ m}} \\
 &= 75 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

Dengan merujuk pada contoh hitungan diatas, maka dapat dihitung untuk pipa selanjutnya. Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Total Kebutuhan Pipa

No. Pipa	Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	Ukuran Pipa Per Batang (m)	Panjang Jaringan Pipa (m)	Jumlah Pipa (Batang)
1	100	4"	4	300	75
2	32	1"	4	1260	315
3	32	1"	4	660	165
4	60	2"	4	200	50
5	48	3"	4	250	63
6	32	1 ½"	4	300	75
7	75	3"	4	200	50
8	60	2"	4	100	25
9	48	1 ½"	4	450	113
10	32	1"	4	290	73
Jumlah				4.010	1.003

Berdasarkan tabel 12 total kebutuhan pipa, maka diperoleh total kebutuhan pipa pada Wilayah Latambaga dan Sakuli yaitu 1.003 batang. Untuk diameter pipa 1 menggunakan pipa diameter Ø 4", pipa 2, pipa 3, pipa 6 dan pipa 10 menggunakan pipa dengan diameter Ø 1", pipa 4 dan 8 menggunakan pipa diameter Ø 2", sedangkan pipa 5 dan pipa 9 menggunakan pipa diameter Ø 1 1/2", serta pipa 7 menggunakan pipa Ø 3".

4. Conclusion

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

- Berdasarkan hasil penelitian, jumlah kebutuhan air bersih domestik dan non-domestik masyarakat Kelurahan Latambaga dan Sakuli pada tahun 2021 = 2,476 liter/detik dan tahun 2030 = 2,875 liter/detik.
- Hasil evaluasi jaringan pipa dengan aplikasi EPANET 2.0, diameter pipa yang digunakan pada hasil evaluasi berdasarkan *Google Earth* adalah jalur 1 menggunakan pipa diameter Ø 4", jalur 2, 3, dan 6 menggunakan pipa diameter Ø 1", jalur 4 dan 8 menggunakan pipa diameter Ø 2", jalur 5 dan 9 menggunakan pipa diameter Ø 1½", dan jalur 7 menggunakan pipa Ø 3". Hasil pengolahan data dengan aplikasi EPANET 2.0, jenis dan diameter digunakan adalah pipa PVC sebanyak 1.003 batang.

References

- [1] A. Tadesse, "Rural Water Supply Management and Sustainability: The Case of Adama Area, Ethiopia," *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 05, no. 02, pp. 208-221, 2013.
- [2] Peraturan Pemerintah RI, *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta: Presiden Republik Indonesia, 2001.
- [3] Menteri Kesehatan RI, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*, Jakarta: Departemen Kesehatan RI, 2010.
- [4] Anonim, *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU*, Jakarta, 2002.
- [5] W. Hartanto and dkk., *Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*, Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2010.
- [6] L. A. Rossman, *EPANET 2 Users Manual*, Cincinnati, OH: U.S. Environmental Protection Agency, 2000.
- [7] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kolaka, *Kecamatan Latambaga Dalam Angka 2020*, Kolaka, 2021.
- [8] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: CV. Alfabeta, 2017.
- [9] PDAM Kabupaten Kolaka, Kolaka, 2021.