

**EVALUASI SISTEM JARINGAN DISTIBUSI AIR BERSIH, MENGGUNAKAN
SOFTWARE EPANET 2.2
(STUDI KASUS : DESA OMA, KECAMATAN PULAU HARUKU, KABUPATEN MALUKU
TENGAH)**

Martha Natalia Pirsouw¹, Agustinus Sakliressy², Anthoni Wuarlima³

¹Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil

Gmail : tpirsouw@gmail.com, asakliressy@gmail.com.

²Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake – Ambon

Gmail : wuarlimatony@gmail.com

Abstract

The availability of adequate and sustainable clean water is a crucial factor in supporting public health and overall well-being. However, equitable water distribution remains a challenge, particularly in rural and island regions. Oma Village, located in Pulau Haruku District, Central Maluku Regency, with a population of 2,177, faces several issues in its water distribution system, including unstable discharge, low pressure, and reduced water quantity. The current evaluation method, which relies on conventional field observations, is considered insufficient to comprehensively represent network conditions. This study aims to model and evaluate the performance of the clean water distribution system using EPANET 2.2, with a 20-year demand projection (2025–2045). The calculated water demand is 3.1793 L/s (0.0031793 m³/s). Simulation results indicate that the existing network is still capable of meeting water demand; however, adjustments are required in certain sections to maintain system performance in the future. The analysis focuses on hydraulic parameters, including pressure, discharge, and flow velocity, based on primary and secondary data.

Keywords: *Clean Water, Distribution, EPANET 2.2, Hydraulic Simulation, Oma Village*

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan, air merupakan kebutuhan dasar yang paling vital bagi kelangsungan hidup dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Ketersediaan air bersih yang layak dan berkelanjutan adalah pondasi dari kesehatan masyarakat, Pembangunan ekonomi, dan kesejahteraan sosial. Namun, hingga saat ini, distribusi air bersih yang merata dan memenuhi standar kualitas masih menjadi tantangan di berbagai daerah, khususnya di wilayah pedesaan dan kepulauan (Rofik et al., 2024)

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan air bersih pun akan semakin meningkat. Pada saat ini, pertumbuhan penduduk Indonesia sudah mencapai angka yang cukup besar. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, jumlah kebutuhan hidup yang harus dipenuhi juga semakin besar. Salah satu kebutuhan hidup yang utama yaitu kebutuhan akan air bersih. Pemenuhan kebutuhan air minum tidak saja diorientasikan pada kualitas sebagaimana persyaratan kesehatan air minum, tetapi menyangkut kuantitas dan kontinuitasnya (Tiwery, 2024).

Desa Oma, yang terletak di Kecamatan Pulau Haruku, Kabupaten Maluku Tengah, Berdasarkan data yang di ambil dari Desa Oma dengan jumlah penduduk sebanyak 2.177 jiwa, Yang memiliki 2 reservoir untuk kebutuhan air di desa tersebut, namun reservoir di desa oma ini memiliki kendala dengan daya tampung yang tidak memadai dan adanya diameter pipa yang tidak beraturan yang

mengakibatkan aliran air yang tidak mencukupi bagi masyarakat desa. Hal ini menjadi permasalahan dalam sistem distribusi air bersihnya. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan beberapa masyarakat, ditemukan beberapa permasalahan seperti debit air yang tidak stabil, tekanan air yang lemah pada titik tertentu dalam jaringan, serta kualitas air yang terkadang mengalami penurunan. Permasalahan ini tentunya sangat mengganggu aktivitas sehari-hari masyarakat dan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan. Sistem distribusi air bersih yang ada saat ini diduga belum teroptimasi dengan baik. Evaluasi secara konvensional dengan hanya mengandalkan pengamatan lapangan dan data manual seringkali kurang akurat, memakan waktu lama, dan tidak dapat memprediksi perilaku sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode evaluasi yang lebih efisien, akurat, dan terintegrasi.

Metode evaluasi konvensional untuk sistem distribusi air bersih *spot-check*, memakan waktu, biaya, dan tenaga, serta tidak mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang perilaku secara dinamis sepanjang waktu. Metode yang diusulkan untuk mengatasi keterbatasan ini adalah Pemodelan dan Simulasi Hidrolik dengan Software Khusus (seperti EPANET). Metode ini merupakan pendekatan yang efisien, akurat, dan terintegrasi. (Nur et al., 2024)

2. KAJIAN TEORI

2.1 Sumber Daya Air

Definisi sumber air dalam UU Sumber daya Air (UU No. 17 Tahun 2019) menyebutkan bahwa sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun ``pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat

2.2 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan dalam suatu wilayah. Kebutuhan air suatu kota besarnya sebanding dengan jumlah penduduk dan pola konsumsi perkapita, sehingga perkembangan jumlah penduduk di kota tersebut sangat menentukan tingkat kebutuhan air di masa mendatang (Pawitan et al, 1994). Analisis kebutuhan air untuk masa mendatang dilaksanakan dengan dasar analisis pertumbuhan penduduk pada wilayah yang direncanakan. Kebutuhan air domestik untuk kota dibagi dalam beberapa kategori, yaitu :

a. Kota kategori I (Metropolitan)

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/org/hari)	>150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/org/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi Unit Domestik a. Niaga Kecil (liter/unit/hari) b. Niaga Besar (liter/unit/hari) c. Industri Besar (liter/detik/ha) d. Pariwisata (liter/detik/ha)	600 - 900 1000 - 5000 0.2 - 0.8 0.1 - 0.3	600 - 900 1000 - 5000 0.2 - 0.8 0.1 - 0.3		600 1500 0.2 - 0.8 0.1 - 0.3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor Hari Maksimum	1.15 - 1.25 *harian	1.15 - 1.25 *harian	1.15 - 1.25 *harian	1.15 - 1.25 *harian	1.15 - 1.25 *harian
6. Faktor Jam Puncak	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75 *hari maks	1.75 *hari maks
7. Jumlah Jiwa PerSR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jiwa PerHU (Jiwa)	100	100	100	100 - 200	100
9. Sisa Tekan Di Penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (Jam)	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	51 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	70

- b. Kota kategori II (Kota Besar)
- c. Kota kategori III (Kota Sedang)
- d. Kota kategori IV (Kota Kecil)
- e. Kota kategori V (Desa)

Tabel 1. Kategori kebutuhan air non domestic
(Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya
PU, 1996)

2.3 Analisis Pertumbuhan Penduduk

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang digunakan beberapa metode antara lain :

1. Metode Aritmatik

Metode ini sesuai untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu meningkat/bertambah secara konstan.

Rumus untuk perhitungannya:

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$P_n = P_0(1+r \cdot n) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun dasar (jiwa)

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

n = kurun waktu proyeksi (tahun)

2. Metode Geometrik

Proyeksi dengan metoda ini dianggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda dengan pertambahan penduduk. Metoda ini tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun, disebabkan kepadatan penduduk mendekati maksimum. Metode ini banyak digunakan karena mudah dan mendekati kebenaran.

Rumus perhitungannya :

Sebelum menganalisa koefisien korelasi, perlu menganalisa presentasi pertambahan penduduk tiap tahunnya.

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \dots \dots \dots (3)$$

$$P_n = P_0(1 + r)^t \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun dasar (jiwa)

r = rata-rata pertambahan penduduk (%)

t = selisih antara tahun proyeksi dengan tahun dasar (tahun)

3. Metode Least Square

Metode ini juga dapat digunakan untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang mempunyai kecenderungan garis linear meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah

Rumus perhitungannya :

$$P_n = a + b \cdot x \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum P \cdot x}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (6)$$

$$b = \frac{N \cdot \sum P \cdot x - \sum x \cdot \sum P}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

a, b = koefisien yang konstan

X = selisih tahun terhadap tahun dasar

N = jumlah data yang digunakan

Agar perkiraan jumlah penduduk pada masa yang akan datang mendekati kebenaran maka dipilih salah satu cara yang paling tepat melalui metode korelasi dan standart deviasi sebagai dasar pemilihan, dimana data penduduk actual dihubungkan dengan perhitungan ketiga metode tersebut. Bilamana r (koefisien korelasi) yang mendekati 1 dan standra deviasi yang paling kecil metode itu yang nantinya akan dipilih.

Berarti hubungan yang terjadi sangat kuat atau mendekati kebenaran. Rumus untuk mencari koefisien korelasi dan standar deviasi yaitu:

a. Koefisien korelasi Arimatik

$$r = \frac{n \cdot (\sum X_i Y_i) - (\sum Y_i)(\sum X_i)}{\sqrt{n \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2}} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

r = Koefisien korelasi (Arimatik)

Xi = Nomor data

Yi = Jumlah penduduk

b. Koefisien Korelasi Geometric

$$R = \frac{n \cdot (\sum X_i \ln Y_i) - (\sum \ln Y_i)(\sum X_i)}{\sqrt{n \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum \ln Y_i^2) - (\sum \ln Y_i)^2}} \dots\dots\dots(9)$$

r = Koefisien korelasi (Geometrik)

Xi = Nomor data

lnYi = Jumlah penduduk (ln)

c. Koefisien Korelasi Least Square

$$r = \frac{a(\sum Y_i) + b(\sum X_i Y_i) - \frac{1}{n}(\sum Y_i)^2}{\sqrt{(\sum Y_i^2) - \frac{1}{n}(\sum Y_i)^2} \cdot \sqrt{(\sum X_i^2) - \frac{1}{n}(\sum X_i)^2}} \dots\dots\dots(10)$$

r = Koefisien korelasi (Least Square)

Xi = Nomor data

Yi = Jumlah penduduk

a = Nilai Konstanta a

b = Nilai Konstanta b

2.4 Menghitung Debit Aliran

Debit aliran diberi notasi Q, adalah jumlah air yang mengalir melalui tampang lintang sungai tiap satu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m³/dtk). Prinsip pelaksanaan pengukuran debit mata air adalah mengukur luas penampang basah, dan kecepatan aliran pada tinggi muka air tertentu. Debit aliran mata air dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

Q = debit (m³/detik)

A = luas bagian penampang basah (m²)

v = kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah (m/detik)

Debit aliran sungai dapat dihitung dengan berbagai metode yang dibedakan berdasarkan suatu luasan penampang sungai dengan indikator tertentu. Berikut dua metode berbeda dalam perhitungan debit sungai yaitu (Triatmodjo, 2008):

Metode tampang tengah, metode ini menjadikan titik lokasi uji (x) sebagai titik tengah. Debit didapatkan dengan mengkalikan kedalaman pada titik uji (dx) dengan rata-rata antara jarak dengan titik uji sebelumnya (wx-1) dan jarak sesudahnya (wx), selanjutnya hasil tersebut dikalikan dengan kecepatan (vx) pada titik uji.

$$Q_x = \frac{W_{x-1} + W_x}{2} dx \cdot V_x \dots\dots\dots(12)$$

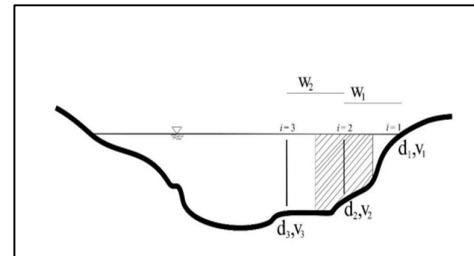
Keterangan:

Qx: Debit aliran sungai pada bidang di antara x (m³/s)

w : Selisih jarak antara titik uji x yang tegak lurus dari arah aliran sungai (m)

dx : Ketinggian muka air dari dasar sungai pada titik x (m/s)

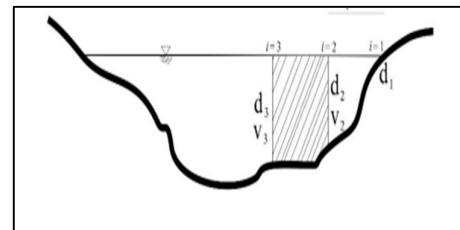
vx : Perbandingan pergerakan aliran sungai berdasarkan satuan waktu yang ada atau kecepatan pada titik x (m/s)



Gambar 1. Metode Tampang Tengah. (Triatmodjo, 2008)

a) Metode tampang rerata, metode ini dilakukan dengan menghitung penampang diantara dua titik uji (x). Debit diperoleh dengan mengkalikan rata-rata dua titik uji kedalaman (d) dan rata-rata dua titik uji kecepatan (v) aliran, lalu dikalikan dengan jarak antara dua titik uji tersebut (x).

$$Q(x)(x+1) = \left(\frac{dx-1 + dx}{2} \right) \left(\frac{vx-1 + vx}{2} \right) w \dots\dots\dots(13)$$



Gambar 2. Metode Tampang Rerata. (Triatmodjo, 2008)

2.5 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran merupakan suatu jarak yang dapat ditempuh dari suatu aliran dalam satuan waktu tertentu. Distribusi kecepatan pada suatu aliran sungai sangatlah beragam, namun dapat disimpulkan kecepatan akan semakin tinggi pada titik terjauh dari objek pembatas disekitarnya.

$$v = a + b.n \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

n : banyaknya putaran kincir setiap detiknya

a : Faktor koreksi alat

b : Efisiensi bentuk kincir alat

2.6 Program Epanet

Epanet (*Environmental Protection Agency Network*) adalah sebuah program komputer (model) yang melaksanakan simulasi hidraulik dan perilaku kualitas air di dalam suatu jaringan pipa distribusi air minum (pipa bertekanan). Suatu jaringan distribusi air minum terdiri dari pipa-pipa, node (percabangan pipa), pompa, tangki air atau reservoir dan katup-katup. *Output* yang dihasilkan dari program EPANET antara lain debit yang mengalir dalam pipa (lt/dtk), tekanan air dari masing-masing titik/*node/junction* yang dapat dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir.

Dibawah ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam membuat analisa dan simulasi sistem distribusi dengan menggunakan program EPANET, yaitu :

1. Menentukan satuan (SI atau English) dan rumus perhitungan hidrolis (Hazen Wiliam, Darcy Weisbach, atau Manning) yang kita buat dengan memilih option yang telah ada. Menentukan apakah model yang kita buat nantinya berskala atau tipikal (model dengan skala akan sangat bagus jika kita telah memiliki peta dasar digital wilayah perencanaan yang detail dan berskala yang baik).
2. Menyiapkan model jaringan pipa yang kita buat, model jaringan ini biasanya disesuaikan dengan peta jalan dimana pipa tersebut ditanam. Sebab dalam membuat jaringan pipa distribusi harus disesuaikan dengan kondisi jalan yang ada. File peta jaringan pipa harus dalam bentuk BMP atau WMF;
3. Dari data model sistem jaringan tersebut dibuat tabulasi data tentang data pipa seperti panjang pipa antar node, diameter pipa, jenis pipa (koefisien kekasaran pipa). Untuk dapat membuat simulasi ini data pipa minimum yang harus ada adalah panjang pipa, diameter pipa, koefisien kekasaran pipa. Penamaan pipa ini dapat kita buat sendiri untuk memudahkan kita dalam melakukan evaluasi.
4. Tabulasi tentang data *junction/node* yang ada, data *junction/node* minimal yang harus dimasukkan untuk dapat melakukan evaluasi adalah elevasi *junction/node*, kebutuhan air pada *junction/node* tersebut. Untuk sistem yang lebih kompleks kita dapat memasukkan beberapa data misalnya pembagian zona.
5. Tabulasi tentang data lainnya seperti data pompa, reservoir, tangki, *valve*, kualitas air, dan lain-lain. Dalam hal ini data yang penting untuk dapat dianalisa adalah keberadaan pompa atau elevasi

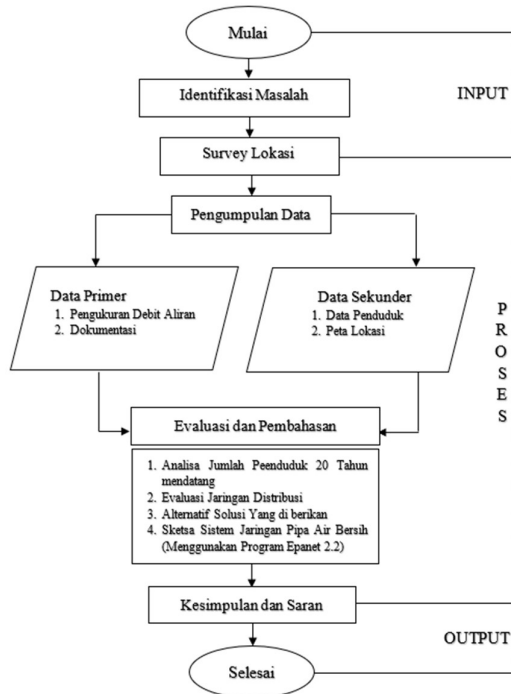
reservoir dalam hal ini merupakan unit produksi air;

6. Setelah data-data tersebut diatas dimasukkan maka kita siap untuk melakukan simulasi dengan melakukan *run* pada model yang kita buat, dalam proses run ini program akan melakukan iterasi perhitungan sampai terjadi keseimbangan hidrolis. Namun jika dalam memasukkan data yang ada ternyata keseimbangan hidrolis tidak tercapai maka akan ada laporan (*report*) bahwa ada kesalahan dalam pemasukan data pada titik tertentu. Maka kita perlu melakukan perbaikan atau merubah data tersebut sampai run yang kita lakukan berhasil.
7. Meskipun hasil *run* terhadap model dan data input yang kita masukkan telah menemukan keseimbangan hidrolis, namun perlu dilakukan pencegahan apakah keseimbangan hidrolis tersebut sesuai dengan yang kita harapkan atau tidak. Jika tidak maka kita harus melakukan perbaikan-perbaikan terhadap model dan data input yang kita masukkan.
8. Setelah run berhasil dan keseimbangan hidrolis yang terjadi telah sesuai dengan kriteria desain yang kita inginkan, kita dapat melihat dan menampilkan hasilnya dalam bentuk tabel, grafik, maupun gambar.

EPANET dirancang untuk menjadi suatu alat bantu dalam melakukan penelitian/*riset* untuk meningkatkan pemahaman kita khususnya mengenai perilaku dan pergerakan air minum di dalam suatu sistem distribusi

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alir Penelitian



Gambar 3. Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Desa Oma, Kecamatan Pulau Haruku, Kabupaten Maluku Tengah dengan posisi geografis sekitar 3.80 Lintang Utara (LU) dan 127.58 Bujur Timur (BT). dengan jumlah penduduk per tahun 2025 sebanyak 2.177 jiwa.



Gambar 4. Lokasi Penelitian(Sumber Google Eart)

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data diperlukan untuk mempermudah jalannya suatu penelitian, seperti studi pustaka yang dimaksudkan untuk mendapatkan arah dan wawasan sehingga mempermudah dalam pengumpulan data, analisis maupun dalam penyusunan hasil penelitian.

1. Data Primer

Pengumpulan data primer diperoleh dari observasi atau pengamatan atau langsung pada wilayah penelitian, wawancara untuk mengetahui perkembangan kebutuhan air

masyarakat Desa Oma dan Data yang diambil adalah data pengukuran debit, Data pengamatan pada sumber air waisula, dan dokumentasi.

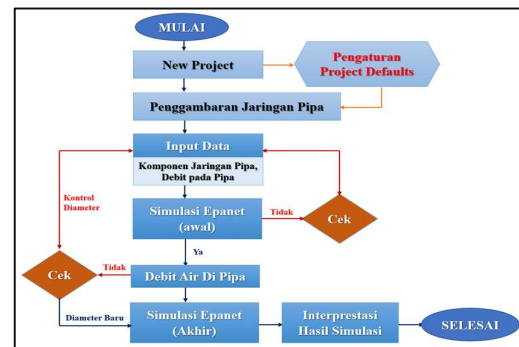
2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dari instansi terkait berupa sosial kependudukan serta berbagai kebijakan pemerintah berupa dokumen yang berhubungan dengan masalah penelitian termasuk didalamnya data penduduk dan peta lokasi penelitian.

3.4 Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Mengalisa evaluasi proyeksi penduduk agar dapat mengetahui berapa besar pertumbuhan penduduk sampai 20 tahun ke depan (sampai tahun 2045) sehingga dapat diperhitungkan besar kebutuhan air yang di perlukan.
2. Menganalisis Kebutuhan air yang nantinya diperlukan masyarakat sampai pada tahun prediksi 2045.
3. Mengevaluasi Debit yang tersedia pada sumber Air Waisula dengan menggunakan Teori Perhitungan debit di Sungai.
4. Mengevaluasi sketsa jaringan pipa distribusi air bersih, menggunakan Program *EPANET 2.2*.



Gambar 5. Flowcard Epanet 2.2

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Pertambahan Jumlah Penduduk Desa Oma

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan tiga metode, yaitu Metode Aritmatik, Geometrik, dan *Least Square*, untuk mendapatkan gambaran yang lebih tepat mengenai pertumbuhan penduduk sampai tahun rencana pemenuhan kebutuhan air. Tabel 4.5 menyajikan data jumlah penduduk Desa Oma dari tahun 2016 hingga 2025, selanjutnya dihitung tingkat pertumbuhan setiap tahunnya dengan memanfaatkan ketiga metode.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Negeri Oma 10 Tahun Terakhir, (Sumber: Desa, 2025)

Tahun	Jumlah Penduduk
-------	-----------------

2016	1942
2017	2340
2018	2283
2019	2354
2020	2469
2021	2482
2022	2482
2023	2372
2024	2177
2025	2177

1. Metode Aritmatik

Sebelum menganalisa koefisien korelasi, perlu menganalisa rata-rata pertumbuhan tiap tahun metode aritmatik dengan menggunakan persamaan 1 :

$$r = \frac{1}{n} \left(\frac{P_n}{P_0} - 1 \right)$$

$$r = \frac{1}{2025 - 2016} \left(\frac{2177}{1942} - 1 \right)$$

$$r = 0,0134$$

Selanjutnya Kofisen korelasi untk metode Aritmatik di analisa dengan persamaan:

Tabel 3. Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Aritmatik

No	Tahun	JP Statistik	JP Arimatik	(X- Xr)	(Y- Yr)	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
		X	Y	Xi	Yi			
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	2016	1942	1942.00	366	117.50	133809.64	13806	42981.50
2	2017	2340	1968.11	32	-91.39	1037	8352	-2942.72
3	2018	2283	1994.22	-25	-65.28	615	4261	1618.89
4	2019	2354	2020.33	46	-39.17	2134	1534	-1809.50
5	2020	2469	2046.44	161	-13.06	25985	170	-2104.56
6	2021	2482	2072.56	174	13.06	30346	170	2274.28
7	2022	2482	2098.67	174	39.17	30346	1534	6822.83
8	2023	2372	2124.78	64	65.28	4122	4261	4190.83
9	2024	2177	2150.89	131	91.39	17109	8352	11953.67
10	2025	2177	2177.00	131	117.50	17109	13806	15369.00
Jumlah		23078	20595.00	0	0	262612	56248	23708.89
Koefisien Korelasi Metode Arimatik (r)								0.1951

Tabel 4. Parameter Statistik Data Penduduk Metode Aritmatik

No	Tahun	Tahun ke (X)	JP Statistik	JP Arimatik	Yi- Ymean	(YiYmean)^2
			Y	Yi		
1	2016	0	1942	1942.00	-117.50	13806.25
2	2017	1	2340	1968.11	-91.39	8351.93
3	2018	2	2283	1994.22	-65.28	4261.19
4	2019	3	2354	2020.33	-39.17	1534.03
5	2020	4	2469	2046.44	-13.06	170.45
6	2021	5	2482	2072.56	13.06	170.45
7	2022	6	2482	2098.67	39.17	1534.03
8	2023	7	2372	2124.78	65.28	4261.19
9	2024	8	2177	2150.89	91.39	8351.93
10	2025	9	2177	2177.00	117.50	13806.25
Jumlah		45.00	23078.00	20595.00	0.00	56247.69
Standar Deviasi						79.06

Dari tabel 4 dapat dianalisa standar deviasi dengan rumus yang ada pada persamaan (7) dan diperoleh standar deviasi sebesar 76,06. Dengan demikian didapatkan besar nilai koefisien korelasi dan standar deviasi untuk metode Aritmatika adalah 0,1951 dan 76,06.

2. Metode Geometri

Sebelum menghitung koefisien korelasi, penting untuk menghitung persentase pertumbuhan populasi tahunan terlebih dahulu. Pada metode Geometri, peningkatan dihitung dengan persamaan 1 dan data populasi pada tabel 4.5.

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

$$r = \left(\frac{2177}{1942} \right)^{\frac{1}{(2025-2016)}} - 1$$

$$r = 0,0128$$

Dengan prinsip yang sama dengan metode Aritmatik, maka dapat analisa Koefisien korelasi dan standar defisiasi untuk metode Geometri,

Tabel 5. Perhitungan Koefisien Korelasi Metode Geometrik

No	Tahun	JP Statistik	JP Geometrik	(X-Xr)	(Y-Yr)	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
		X	Y	Xi	Yi			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2016	1942	1942.00	-366	-115.51	133810	13343	42254.29
2	2017	2340	1966.81	32	-90.71	1037	8228	-2920.76
3	2018	2283	1991.93	-25	-65.58	615	4301	1626.50
4	2019	2354	2017.37	46	-40.14	2134	1611	-1854.55
5	2020	2469	2043.14	161	-14.37	25985	207	-2317.04
6	2021	2482	2069.24	174	11.72	30346	137	2042.21
7	2022	2482	2095.67	174	38.15	30346	1456	6646.39
8	2023	2372	2122.43	64	64.92	4122	4215	4167.98
9	2024	2177	2149.54	-131	92.03	17109	8470	-
10	2025	2177	2177.00	-131	119.49	17109	14277	15629.03
Jumlah		23078	20575.12	0	0	262612	56245	21978.24
Koefisien Korelasi Metode Geometrik (r)								0.1808

Tabel 6. Parameter Statistik Data Penduduk Metode Geometrik

No	Tahun	Tahun ke (X)	JP Statistik	JP Geometrik	Yi - Ymean	(Yi - Ymean)^2
			Y	Yi		
1	2016	1	1942	1942.00	-115.51	13343.02
2	2017	2	2340	1966.81	-90.71	8227.71
3	2018	3	2283	1991.93	-65.58	4301.35
4	2019	4	2354	2017.37	-40.14	1611.35
5	2020	5	2469	2043.14	-14.37	206.60
6	2021	6	2482	2069.24	11.72	137.44
7	2022	7	2482	2095.67	38.15	1455.71
8	2023	8	2372	2122.43	64.92	4214.85
9	2024	9	2177	2149.54	92.03	8469.85
10	2025	10	2177	2177.00	119.49	14277.38
Jumlah		55.00	23078.00	20575.12	0.00	56245.27
Standar Deviasi						79.05

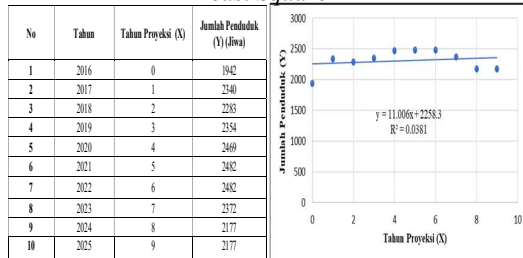
Dari tabel 6 dapat di analisa standar deviasi dengan rumus yang ada persamaan (7) dan diperoleh nilai deviasi sebesar 79.05 Dengan demikian didapatkan besar nilai Koefisien Korelasi dan standar deviasi untuk metode Geometri adalah 0.1808 dan 79.05

3. Metode LastSquare (Data Genap)

Untuk Menganalisa pertumbuhan penduduk dengan metode *Laest Square* (data Genap) dapat dilakukan dengan persamaan 3 Nilai Koefisien A dan B dapat di Analisa dengan Persamaan 4 dan 5

tetapi juga dapat ditentukan berdasarkan Grafik Hubungan antara Tahun Proyeksi dengan data jumlah penduduknya dengan pendekatan Garis Regresi. berikut ini akan disajikan hasil perhitungan jumlah penduduk metode *Laest Square* (data Genap).

Tabel. 7 Pertumbuhan Jumlah Penduduk Metode *Least Square*



Tabel 8. Perhitungan metode Koefisien Korelasi Metode *Least Square* (Data Genap)

No	Tahun	JP Statistik	JP Least Square	(X-Xr)	(Y-Yr)	Xi ²	Yi ²	Xi.Yi
		X	Y	Xi	Yi			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2016	1942	2258.30	-366	-50	133810	2453	18116.98
2	2017	2340	2269.31	32	-39	1037	1484	-1240.38
3	2018	2283	2280.31	-25	-28	615	757	682.37
4	2019	2354	2291.32	46	-17	2134	273	-762.72
5	2020	2469	2302.32	161	-6	25985	30	-887.08
6	2021	2482	2313.33	174	6	30346	30	958.62
7	2022	2482	2324.34	174	17	30346	273	2875.87
8	2023	2372	2335.34	64	28	4122	757	1766.46
9	2024	2177	2346.35	-131	39	17109	1484	-5038.55
10	2025	2177	2357.35	-131	50	17109	2453	-6478.13
Jumlah		23078	23078.27	0	0	262612	9993	9993
Koefisien Korelasi Metode Least Square (r)								0.1951

Tabel 9. Parameter Statistik Data Penduduk Metode *Least Square* (Data Genap)

No	Tahun	Tahun ke (X)	JP Statistik	JP Least Square	Yi - Ymean	(Yi - Ymean) ²
			Y	Yi		
1	2016	0	1942	2258.30	-49.53	2452.92
2	2017	1	2340	2269.31	-38.52	1483.87
3	2018	2	2283	2280.31	-27.51	757.08
4	2019	3	2354	2291.32	-16.51	272.55
5	2020	4	2469	2302.32	-5.50	30.28
6	2021	5	2482	2313.33	5.50	30.28
7	2022	6	2482	2324.34	16.51	272.55
8	2023	7	2372	2335.34	27.51	757.08
9	2024	8	2177	2346.35	38.52	1483.87
10	2025	9	2177	2357.35	49.53	2452.92
Jumlah		45.00	23078.00	23078.27	0.00	9993.39
Standar Deviasi						33.32

Penentuan dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien korelasi serta nilai deviasi standar dari tiga metode, yaitu Aritmatik, Geometrik, dan *Least Square*. Metode yang dipilih adalah yang memiliki nilai korelasi paling mendekati angka 1 dan standar deviasi terkecil.

Tabel 10. Perbandingan Nilai Koefisien Korelasi dan Standar Deviasi (Hasil Analisa)

PEMILIHAN METODE				
NO	METODE	NILAI KORELASI	SD	KET
1	Aritmatik	0.1951	79.0553	-
2	Geometrik	0.1808	79.0536	-
3	Least Square	0.1951	33.32	Terpilih

Dari tabel yang ditampilkan, tampak bahwa ketiga metode memiliki nilai koefisien korelasi yang sama, yaitu 0,1. Akan tetapi, nilai standar deviasi untuk Metode Aritmatik dan Geometri lebih besar dibandingkan Metode *Least Square*. Berdasarkan hasil tersebut, Metode Kuadrat Terkecil dipilih sebagai cara yang paling sesuai untuk menganalisis pertumbuhan penduduk di Desa Oma. Selanjutnya, estimasi jumlah penduduk untuk dua dekade ke depan dihitung dengan menggunakan rumus dalam Metode Least Square

$$P_n = a + b \cdot x$$

Tabel 11. Proyeksi Jumlah Penduduk 20 Tahun Mendatang Metode *Least Square*

TAHUN	t	JP (JIWA)
2026	10	2357.4
2030	14	2401.4
2035	19	2456.4
2040	24	2511.4
2046	30	2577.5

4.2 Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air bersih dilakukan dengan mengacu pada standar penggunaan air untuk setiap jenis fasilitas, sesuai pedoman dari Departemen Pekerjaan Umum (PU). Standar kebutuhan air yang digunakan merujuk pada Tabel 1. Pada kelompok sosial atau hidran umum (HU), pelayanan direncanakan untuk menjangkau 30% dari total penduduk hingga akhir tahun perencanaan. Sementara untuk kelompok rumah tangga atau sambungan rumah (SR), porsi penduduk yang akan dilayani ditetapkan sebesar 70%.

Berikut ini langkah perhitungan kebutuhan air, dengan mengacu terhadap Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU,1996).

1. Analisa Kebutuhan air penduduk dihitung setiap interval 5 tahun ke depan.
2. Menganalisa Cangkupan Pelayanan (CP) yaitu sebesar 70% dari jumlah jiwa hasil proyeksi 20 tahun mendatang.
3. Menganalisa kebutuhan air sambungan Rumah (SR) dengan presentasi terlayani 70% dari jumlah (CP).
4. Menganalisa kebutuhan air hidran Umum (HU) Dengan presentase terlayani 30% dari jumlah (CP).

5. Menganalisa Kebutuhan Air domestik (KD), di peroleh dari SR+HU.
6. Menganalisa kebutuhan Air Non domestik (KND) yaitu sebesar 20% dari KD.
7. Menganalisa Kebutuhan Air penduduk (KAP) dengan menjumlahkan KD dan KND.
8. Menganalisa besar kehilangan Air (KA) sebesar 25% dari KAP
9. Menganalisa total kebutuhan air penduduk (TKA).
10. Menganalisa FLUKTUASI Air (FA) dimana di perhitungkan terhadap pemakaian air pada jam-jam tertentu dalam 1 hari (jam puncak).

Dari luas Reservoir, kemudian dianalisa Panjang dan Lebar dari Reservoir :

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= \text{Lebar} = (\text{Luas Reservoir})^{0,5} \\ &= (18,313)^{0,5} \\ &= 4,28 \text{ m.} \sim 4,50 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari hasil analisa didapatkan panjang Reservoir 4.50 meter, lebar Reservoir 4.50 meter dan tinggi Reservoir adalah 3.00 meter.

4.4 Hasil Simulasi Software Epanet 2.2

Epanet (Environmental Protection Agency Network) merupakan sebuah perangkat lunak (model) yang melakukan simulasi hidraulik dan perilaku kualitas air dalam sebuah jaringan pipa distribusi air minum (pipa bertekanan). Sebuah jaringan distribusi air bersih terdiri dari pipa, titik percabangan, pompa, tangki atau reservoir, serta katup-katup. Hasil output dari program Epanet mencakup debit yang mengalir melalui pipa (lt/dtk), tekanan air di setiap titik/node/junction yang bisa digunakan untuk analisis dalam menentukan pengoperasian instalasi, pompa, dan reservoir.

Tabel 12. Kebutuhan Air Penduduk Desa Oma

Tahun proyeksi	Jumlah Penduduk	Cangkupan Pelayanan	SR		HU		KD	KND	KAP	KA	TKA	FA	
			Terlayani	Keb 70 ltr/orang/hari	Terlayani	Keb 30 ltr/orang/hari	(SR+HU)	20%. KD	(KD+KND)	25%. KA	(KAP+KA)	(1,25 x TKA)	(1,75 x TKA)
	Jiwa	70%	70%	Ltr/det	30%	Ltr/det	Ltr/det	Ltr/det	Ltr/det	Ltr/det	Ltr/det	Ltr/det	Ltr/det
2026	2357,35	1650	1155	0,936	495	0,172	1,108	0,222	1,329	0,332	1,662	2,077	2,908
2030	2401,38	1681	1177	0,953	504	0,175	1,128	0,226	1,354	0,339	1,693	2,116	2,962
2035	2456,41	1719	1204	0,975	516	0,179	1,154	0,231	1,385	0,346	1,731	2,164	3,030
2040	2511,44	1758	1231	0,997	527	0,183	1,180	0,236	1,416	0,354	1,770	2,213	3,098
2046	2577,47	1804	1263	1,023	541	0,188	1,211	0,242	1,453	0,363	1,817	2,271	3,179

Berdasarkan hasil analisa kebutuhan air penduduk Desa Oma, diperoleh paa tahun 2026 kebutuhan air penduduk sebesar 2.908 liter/det. Dengan prinsip analisa yang sama untuk tahun 2046 jumlah kebutuhan air sebesar 3.179 liter/det.

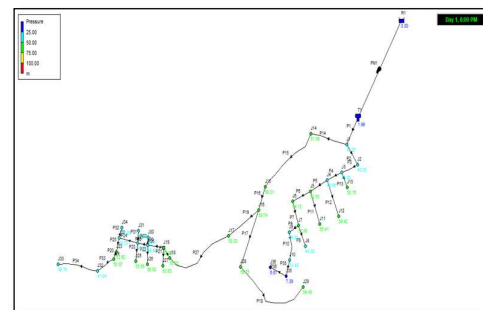
4.3 Reservoir (Bak Penampung Air)

Berdasarkan Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya Dinas PU tahun 1996, yang ada pada tabel 1, volume reservoir untuk kategori desa (ukuran desa berdasarkan jumlah penduduk kurang dari 20.000 Jiwa) adalah sebesar 15 – 25% dari kebutuhan air maksimum tiap harinya. Kebutuhan air maksimum yang diambil dalam analisa ini adalah fluktuasi air pada proyeksi 20 tahun ke depan adalah sebesar 3,1793 Liter/dtk atau 0.00318 m3/det. det.

$$\begin{aligned}\text{Keb. Max} &= 0,00318 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= 274,694 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Vol. Reservoir} &= 20 \% \times \text{Keb.Max} \\ &= 0,20 \times 274,694 \\ &= 54,939 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

Jika tinggi rencana Reservoir (H) adalah 3.00 meter, maka dapat dianalisa luas Reservoir :

$$\begin{aligned}\text{Luas Reservoir} &= \text{Volume} / \text{Tinggi} \\ &= 54,939 / 3,00 \\ &= 18,313 \text{ m}^2.\end{aligned}$$



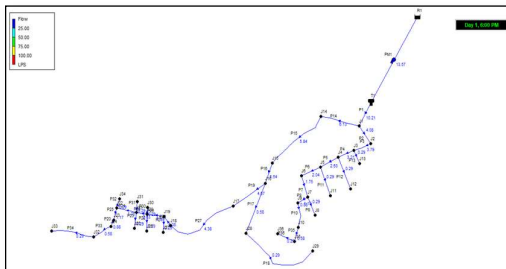
Gambar 6. Hasil simulasi tekanan di setiap junction, untuk jam puncak 18.00 (Sumber: Epanet)

Tabel 13. Hasil Simulasi Jam Puncak 18.00, Untuk mengetahui besar tekanan pada setiap Junction (Sumber : Hasil Analisa)

Network Table - Nodes at 18:00 Hrs			
Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Pressure m
Junc J1	38	0	42,37
Junc J2	37	0,2177	42,67
Junc J3	35	0,2177	44,1
Junc J4	30	0,2177	46,48
Junc J5	22	0,2177	52,32
Junc J6	19	0,2177	53,94
Junc J7	21	0,2177	50,9
Junc J8	28	0,2177	43,2
Junc J9	25	0,2177	46,62
Junc J10	40	0,2177	31,3
Junc J11	17	0,2177	56,23
Junc J12	16	0,2177	59,24
Junc J13	28	0,2177	50,58
Junc J14	26	0,2177	51,38
Junc J15	15	0,2177	57,82
Junc J16	12	0,2177	59,55
Junc J17	12	0,2177	57,82
Junc J18	12	0,2177	54,84
Junc J19	12	0,2177	52,32
Junc J20	13	0,2177	48,24
Junc J21	13	0,2177	47,05
Junc J22	15	0,2177	44,02
Junc J23	6	0,2177	52,74
Junc J24	6	0,2177	50,79
Junc J25	4	0,2177	55,47
Junc J26	4	0,2177	56,64
Junc J27	0	0,2177	63,75
Junc J28	5	0,2177	59,56
Junc J29	7	0,2177	54,28
Junc J30	15	0,2177	45,99
Junc J31	15	0,2177	44,67
Junc J32	15	0,2177	41,65
Junc J33	10	0,2177	46,58
Junc J34	15	0,2177	43,66
Junc J35	64	0,2177	7,21
Junc J36	64	0,2177	6,49
Resvr R1	92	#N/A	0
Tank T1	80	#N/A	1,8

Table 14. Hasil Simulasi Jam Puncak 18.00, Untuk mengetahui Kecepatan Aliran dan Debit pada setiap pipa (Sumber : Hasil Analisa)

Network Table - Links at 18:00 Hrs			
Link ID	Length m	Flow LPS	Velocity m/s
Pipe P1	136,87	10,21	1
Pipe P2	110,15	4,08	0,66
Pipe P3	101,68	3,79	0,61
Pipe P4	93,62	3,21	1,14
Pipe P5	112,31	2,63	0,93
Pipe P6	113,54	2,04	0,72
Pipe P7	114,62	1,75	0,62
Pipe P8	99,7	0,29	0,36
Pipe P9	64,31	1,17	0,41
Pipe P10	126,76	0,88	0,31
Pipe P11	153,79	0,29	0,36
Pipe P12	175,99	0,29	0,36
Pipe P13	74,25	0,29	0,36
Pipe P14	220,33	6,13	0,98
Pipe P15	367,61	5,84	0,94
Pipe P16	112,8	5,54	0,89
Pipe P17	274,89	0,58	0,73
Pipe P18	466,98	0,29	0,36
Pipe P19	211,18	4,67	0,75
Pipe P20	36,22	0,88	1,09
Pipe P21	81,09	0,29	0,36
Pipe P22	85,06	0,29	0,36
Pipe P23	81,89	0,29	0,36
Pipe P24	113,56	1,75	0,62
Pipe P25	64,34	1,17	0,41
Pipe P26	93,92	3,5	1,24
Pipe P27	410,01	4,38	0,7
Pipe P28	57,55	4,08	1,44
Pipe P29	61,58	2,63	0,93
Pipe P30	34,85	0,29	0,36
Pipe P31	54,35	0,29	0,36
Pipe P32	49,96	0,29	0,36
Pipe P33	112,72	0,58	0,21
Pipe P34	237,38	0,29	0,1
Pipe P35	80	0,58	0,21
Pipe P36	101,8	0,29	0,36
Pipe P37	1514	8,05	0,79



Gambar 7. Hasil simulasi kecepatan aliran dan debit di setiap pipa, untuk jam puncak 18.00 (Sumber : Epanet)

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data tentang distribusi jaringan perpipaan didapat maka kesimpulan yang diambil sebagai berikut:

1. Analisis jaringan distribusi air bersih Desa Oma menggunakan EPANET 2.2 untuk proyeksi tahun 2026–2046 menunjukkan bahwa sistem masih mampu memenuhi kebutuhan air hingga tahun 2046, dengan proyeksi penduduk 2.577,5 jiwa dan kebutuhan debit 3,1793 L/det (0,0031793 m³/det). Meskipun kapasitas jaringan secara umum masih mencukupi, beberapa titik memiliki tekanan yang mendekati batas minimum sehingga perlu penyesuaian atau pengembangan jaringan untuk menjaga pelayanan di masa mendatang.

2. Hasil simulasi menunjukkan tidak terdapat permasalahan hidraulik yang signifikan, namun terjadi penurunan tekanan pada Pipe 04–Junction 04, Pipe 05–Junction 05, dan Pipe 06–Junction 06 yang mendekati batas minimum. Kondisi lapangan juga menunjukkan masih adanya masyarakat yang belum terlayani secara optimal, ditandai dengan praktik pengambilan air langsung dari pipa distribusi yang berpotensi mengganggu kestabilan pelayanan.
3. Perbedaan antara hasil simulasi dan kondisi lapangan menunjukkan bahwa permasalahan distribusi air bersih dipengaruhi tidak hanya oleh aspek teknis jaringan, tetapi juga oleh pengelolaan, pola pemakaian air, dan sistem pelayanan. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi pengelolaan jaringan serta perencanaan pengembangan sistem agar distribusi air bersih dapat berlangsung secara merata, efektif, dan berkelanjutan bagi seluruh masyarakat Desa Oma.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis berikan antara lain:

1. Pemerintah desa disarankan untuk meningkatkan pengawasan terhadap jaringan distribusi air bersih, khususnya terhadap praktik pengambilan air secara langsung pada pipa distribusi, karena dapat mempengaruhi kestabilan tekanan dan pemerataan pelayanan air kepada masyarakat. Perlu dilakukan penataan sistem pelayanan distribusi air bersih agar seluruh masyarakat dapat memperoleh akses air secara adil dan merata, sehingga tidak terjadi ketimpangan dalam pemanfaatan jaringan distribusi.
2. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan air dan kapasitas sistem, disarankan agar pengelolaan reservoir memperhatikan sinkronisasi antara waktu pengisian dan waktu distribusi air. Debit air yang masuk ke reservoir harus mampu mengimbangi kebutuhan distribusi sebesar 3,1793 liter/detik, sehingga ketersediaan air tetap terjaga selama periode pemakaian, terutama pada jam puncak. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan pola operasi yang optimal, baik melalui pengisian reservoir secara kontinu maupun pengaturan jadwal distribusi, agar tidak terjadi kekurangan air pada waktu tertentu serta untuk menjaga kestabilan tekanan dalam jaringan distribusi.
3. Pengelola sistem distribusi air bersih juga disarankan untuk melakukan evaluasi dan pemeliharaan jaringan secara berkala, serta merencanakan pengembangan kapasitas sistem dengan mempertimbangkan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kebutuhan air di masa mendatang, sehingga pelayanan air bersih dapat tetap optimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nur, S. H., Sholihah, I., & Suprihatin, H. (2024). Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Perundang-undangan Giri Tirta Kabupaten Gresik Menggunakan Epanet 2.2 Di Perumahan Greenland Menganti. *J-Sipil: Jurnal Teknologi Dan Ilmiah Teknik Sipil Dan Sains*, 1(2), 34–44.
- Rofik, A., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2024). Evaluasi Keberlanjutan Sistem Distribusi Air Bersih Desa Tanggetada Sulawesi Tenggara. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 14(1), 441–450.
- Tiwery, C. J., & Tiwery, M. A. (2024). Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Menggunakan Program Epanet 2.2 (Studi Kasus: Desa Waesamu, Kecamatan Kairatu Barat, Kabupaten Seram Bagian Barat). *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 10(2), 121–130.
- Agustina, D. V. (2007). *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM Kecamatan Banyumanik di Perumnas Banyumanik (Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kel. Srandol Wetan)* (Doctoral dissertation, program Pascasarjana Universitas Diponegoro).
- Tiwery, C. J., & Tiwery, M. A. (2024). Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Menggunakan Program Epanet 2.2 (Studi Kasus: Desa Waesamu, Kecamatan Kairatu Barat, Kabupaten Seram Bagian Barat). *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 10(2), 121-130.
- CHAPTER V, Analisa Kebutuhan Air Bersih Serta Kriteria Perencanaan Air Bersih, Diunduh Tanggal 2 November 2014.
- Djoni Irianto, 2018. Tinjauan Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih Dengan Menggunakan Software Epanet 2.0 Di Tegalsari, Glindah.
- Sumarman, 2006, Modul 2 Tentang Sistem Air Baku, Tahun 2006.
- Triatmojo Bambang, 2017, Hidrolika II Cetakan ke 12, BETA OFFSET, Yogyakarta.
- Panduan Penulisan Proposal dan Hasil Penelitian, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Maluku.
- Pawitan et al, 1994, Pengembangan Sumber Daya Air, Ditetapkan Tahun 2011.
- Undang – Undang No 17 Tahun 2019 , Tentang Sumber Daya Air, Ditetapkan Tanggal 15 Oktober 2019.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 Tentang Pengairan. Diunduh Tanggal 29 Agustus 2016