

Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Desa Oesusu Kecamatan Takari Kabupaten Kupang

Analysis of Clean Water Distribution Network System in Oesusu Village Takari District Kupang Regency

Ika Radja¹, Wilhelmus Bunganaen^{2*}, Andi Hidayat Rizal³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Pertumbuhan penduduk, Kebutuhan air bersih, Sistem jaringan distribusi, EPANET 2.2

Keywords:

Population growth, Clean water demand, Distribution network system, EPANET 2.2.

Article history:

Received: 20-07-2025

Accepted: 28-02-2026

^{*}Koresponden email:

ikaradja01@gmail.com

wilembunganaen@staf.undana.ac.id

hidayatrizal@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pertumbuhan penduduk, kebutuhan air bersih, dan kondisi jaringan distribusi air di Desa Oesusu, Kecamatan Takari, Kabupaten Kupang untuk 20 tahun mendatang menggunakan Software EPANET 2.2. Permasalahan utama yang dihadapi adalah fluktuasi ketersediaan air dan belum optimalnya sistem distribusi dalam memasok air secara kontinu. Proyeksi penduduk dilakukan dengan metode aritmatik, geometrik, dan eksponensial, sedangkan kebutuhan air mengacu pada standar Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR Tahun 2004. Hasil metode aritmatik menunjukkan jumlah penduduk tahun 2043 diperkirakan mencapai 3.362 jiwa dengan kebutuhan air rata-rata 2,940 liter/detik dan kebutuhan maksimum 3,234 liter/detik. Simulasi EPANET 2.2 menunjukkan tekanan jaringan pada umumnya masih memenuhi kriteria Permen PUPR No. 27/PRT/M/2016, meskipun pada jam puncak pukul 06.00 tekanan terendah terjadi pada node J1 sebesar -29,58 m. Kecepatan aliran pada beberapa pipa belum memenuhi standar yang ditetapkan.

Abstract

This study aims to analyze population growth, clean water demand, and the condition of the water distribution network system in Oesusu Village, Takari District, Kupang Regency for the next 20 years using EPANET 2.2 software. The main problems identified are fluctuations in water availability and the inability of the distribution system to continuously supply clean water due to suboptimal scheduling. Population projections were calculated using arithmetic, geometric, and exponential methods, while water demand analysis referred to the 2004 standards of the Directorate General of Human Settlements, Ministry of Public Works and Housing. The arithmetic projection estimated that the population of Oesusu Village in 2043 would reach 3,362 people, with an average daily water demand of 2.940 liters/second and a maximum daily demand of 3.234 liters/second. EPANET 2.2 simulation results indicated that the network pressure generally met the planning criteria of Permen PUPR No. 27/PRT/M/2016, although the lowest pressure at peak hour (06:00) occurred at node J1 with -29.58 m. Flow velocity in several pipes did not yet meet the required standards.

Kutipan: Diisi oleh Editor

1. Pendahuluan

Copy Right to J-ForTeks

DOI :xxxxxxxxxxxxxx

Seiring dengan pertambahan dan perkembangan jumlah penduduk yang meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan kebutuhan air bersih juga meningkat. Akibat meningkatnya kebutuhan air bersih maka perlu dilakukan perhitungan kebutuhan air bersih pada saat sekarang dan masa yang akan datang serta meninjau distribusi air bersih agar pelayanan air bersih dapat lebih optimal. Penyediaan dan pengelolaan air bersih untuk masyarakat masih menjadi permasalahan yang cukup kompleks dan sampai saat ini belum dapat diatasi sepenuhnya untuk masyarakat, terutama di daerah pedesaan. Permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat Desa Oesusu berdampak pada ketidakmampuan jaringan perpipaan untuk menyediakan air bersih secara kontinu bagi seluruh pelanggan pada musim kemarau. Hal ini tentu saja mengganggu aktivitas sehari-hari masyarakat yang memerlukan air bersih untuk kebutuhan rumah tangga dan fasilitas lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan analisa sistem distribusi air bersih di Desa Oesusu Kecamatan Takari Kabupaten Kupang 20 tahun mendatang untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat secara merata. Dalam hal ini, penggunaan Software EPANET 2.2 dapat menjadi solusi yang efektif untuk melakukan analisis terhadap jaringan perpipaan tersebut, sehingga dapat diidentifikasi titik-titik permasalahan yang terjadi pada sistem perpipaan agar dapat dilakukan perbaikan yang sesuai untuk meningkatkan kontinuitas pasokan air bersih bagi masyarakat Desa Oesusu serta penjadwalan yang optimal pada musim kemarau. Berdasarkan permasalahan yang ada maka, penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Sistem Distribusi Air Bersih Di Desa Oesusu Kecamatan Takari Kabupaten Kupang”. Penelitian ini berfokus pada analisis sistem distribusi air bersih di Desa Oesusu Kecamatan Takari Kabupaten Kupang, dengan latar belakang peningkatan kebutuhan air bersih akibat pertumbuhan penduduk. Sistem distribusi saat ini mengalami keterbatasan dalam pasokan air secara kontinu terutama saat musim kemarau. Tujuan penelitian adalah mengetahui proyeksi jumlah penduduk selama 20 tahun mendatang, menghitung kebutuhan air bersih, dan menganalisis kondisi jaringan distribusi menggunakan Software EPANET 2.2 untuk mendukung perencanaan yang lebih baik.

2. Metode

Data primer dan sekunder dikumpulkan melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara. Proyeksi penduduk dilakukan menggunakan metode aritmatik, geometrik, dan eksponensial. Pengukuran debit mata air menggunakan metode volumetrik. Kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan standar Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR 2004 untuk kebutuhan domestik dan non-domestik. Jaringan distribusi dianalisis menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2, dengan pemodelan berbasis GIS menggunakan QGIS 3.38.0 dan plugin QEPANET 2.5.6. Analisis hidraulik dilakukan untuk mengevaluasi tekanan dan kecepatan aliran dalam sistem perpipaan.

2.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia dalam buku Proyeksi Penduduk 2020-2050, Proyeksi penduduk merupakan perhitungan ilmiah yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian, dan perpindahan (migrasi). Ketiga komponen tersebut akan menentukan jumlah dan struktur umum penduduk di masa depan.

2.1.1 Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Rumus yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah (Pedoman Perhitungan proyeksi penduduk dan Angkatan Kerja, 2010):

$$P_t = P_0 (1 + r \cdot t) \quad (1)$$

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \quad (2)$$

Dimana:

P_t : jumlah penduduk pada tahun t

- P_0 : jumlah penduduk pada tahun dasar
 r : laju pertumbuhan penduduk
 t : periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.1.2 Metode Geometrik

Proyeksi dengan metode ini dianggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda dengan penambahan penduduk. Metoda ini tidak memperhatikan adanya suatu saat terjadi perkembangan menurun, disebabkan kepadatan penduduk mendekati maksimum (Pedoman Perhitungan proyeksi penduduk dan Angkatan Kerja, 2010). Rumus yang digunakan pada metode proyeksi geometrik adalah:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \quad (3)$$

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (4)$$

Dimana:

- P_t : jumlah penduduk pada tahun t
 P_0 : jumlah penduduk pada tahun dasar
 r : laju pertumbuhan penduduk
 t : periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.1.3 Metode Eksponensial

Metode eksponensial menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa pertumbuhan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu (Pedoman Perhitungan proyeksi penduduk dan Angkatan Kerja, 2010). Rumus yang digunakan pada metode eksponensial adalah :

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad (5)$$

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \quad (6)$$

Dimana:

- P_t : jumlah penduduk pada tahun t
 P_0 : jumlah penduduk pada tahun dasar
 r : laju pertumbuhan penduduk
 t : periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.1.4 Standar Deviasi

Untuk melakukan uji kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk, maka di proyeksikan terlebih dahulu tahun yang mendatang dengan menggunakan metode geometrik, metode aritmatik, dan metode eksponensial. Kemudian untuk menentukan metode proyeksi jumlah penduduk yang paling mendekati kebenaran, terlebih dahulu perlu dihitung standar deviasi dari hasil perhitungan ketiga metode di atas. Metode perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang menghasilkan koefisien korelasi paling mendekati 1 adalah metode yang terpilih. Rumus yang digunakan adalah (Hidayati, 2019):

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

Dimana:

- S : Standar deviasi
 X_i : variabel independen X (jumlah penduduk)
 $\bar{X}$: rata-rata nilai X

n : jumlah data

2.2 Proyeksi Jumlah Murid

Metode untuk melakukan proyeksi jumlah murid adalah metode angka pertumbuhan murid. Angka pertumbuhan murid merupakan kenaikan setiap tahun yang dinyatakan dalam bentuk persentase dengan persamaan berikut (Hermawan, 2017).

2.2.1. Laju pertumbuhan murid

$$ATS_n = \frac{S_n - S_{n-1}}{S_{n-1}} \times 100 \quad (8)$$

2.2.2. Proyeksi jumlah murid

$$S_{n+1} = S_n \times (1 + (ATS_n / 100)) \quad (9)$$

Dimana:

ATS_n : Laju pertumbuhan murid dari tahun n-1 ke n (%)

S_n : Jumlah murid tahun ke n (tahun)

S_{n-1} : Jumlah murid tahun ke n-1 (murid)

S_{n+1} : Jumlah murid tahun ke n+1 (murid)

2.3 Pengukuran Debit

Menggunakan metode volumetrik, dengan rumus debit yang digunakan :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (10)$$

Dimana:

Q : Debit ($m^3/detik$)

V : Volume ember atau wadah (m^3)

t : Waktu (detik)

Volume ember merupakan volume kerucut terpancung sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{3} \pi t (R^2 + rR + r^2) \quad (11)$$

Dimana:

V : Volume Kerucut Terpancung (cm^3)

π : 3,14159 (konstanta pi)

R : Jari-jari lingkaran atasnya (cm)

r : Jari-jari lingkaran alasnya (cm)

t : Tinggi kerucut (cm)

2.4 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan air bersih non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelontoran kota. Air bersih digunakan untuk memenuhi kebutuhan (Kodoatie, dkk., 2008):

- Kebutuhan air domestik untuk keperluan rumah tangga
- Kebutuhan air non domestik untuk industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial, serta tempat-tempat komersial atau tempat umum lainnya.

2.4.1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air untuk domestik adalah pemakaian air baku untuk aktivitas di lingkungan rumah tangga. Penyediaan air baku untuk keperluan rumah tangga dihitung berdasarkan jumlah penduduk, presentase jumlah penduduk yang akan dilayani, konsumsi pemakaian air (Tamim, dkk.,2021). Kebutuhan air domestik untuk kota dibagi dalam beberapa kategori dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu:

Tabel 1. Kriteria Perencanaan Air Bersih

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
		I	II	III	IV	V
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
1	Konsumsi unit sambungan Rumah (SR) l/o/h	>150	150-120	90-120	80-120	60-80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor harian maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Vol.reservor (% max day demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13	Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: Ditjen Cipta Karya, DPU, 2004.

2.4.2. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah pemakaian air di luar pemakaiannya untuk rumah tangga. Termasuk ke dalam kelompok kebutuhan air untuk keperluan non domestik meliputi niaga, kesehatan, sosial, perkantoran, pendidikan dan peribadatan.

Tabel 2. Kebutuhan air domestik untuk kategori V (Desa)

No	Sektor	Nilai	Satuan
1	Sekolah	5	liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
3	Puskesmas	1200	liter/unit/hari
4	Tempat Ibadah	3000	liter/unit/hari
5	Mushola	2000	liter/unit/hari
6	Pasar	12000	liter/hektar/hari
7	Komersial/Industri	10	liter/hari

Sumber: Ditjen Cipta Karya, DPU, 2004.

2.4.3. Fluktuasi Pemakaian Air

Adapun kriteria tingkat kebutuhan air pada Masyarakat dapat digolongkan sebagai berikut (Ardiansyah,2011):

a. Kebutuhan domestik

$$Q_d = M_n \times S \quad (11)$$

Dimana:

M_n : Jumlah penduduk yang terlayani

S : Standar kebutuhan air/orang/hari (Tabel 2.6)

Kebutuhan domestik meliputi Sambungan Rumah dan Hidran Umum atau Kran Umum.

b. Kebutuhan non domestik

Kebutuhan non domestik meliputi fasilitas umum, kawasan komersial, Kawasan industri, dll.

$$Q_{nd} = (20\%-50\%) \times Q_d \quad (12)$$

Dimana:

Q_d = Kebutuhan air domestik

c. Kebutuhan air total

Kebutuhan air total adalah kebutuhan air domestik yang ditambahkan dengan kebutuhan air non domestik.

$$Q_t = Q_d + Q_{nd} \quad (13)$$

Dimana:

Q_t : Kebutuhan air total

Q_d : Kebutuhan air domestik

Q_{nd} : Kebutuhan air non domestik

d. Kehilangan Air

Kehilangan air dapat disebabkan oleh kebocoran pipa, atau pemasangan sambungan tidak tetap dan berbagai faktor lain yang harus diperhitungkan dalam kebutuhan air. Persentase kehilangan air adalah 20% - 30% baik untuk kategori kota kecil, kota sedang maupun kota besar.

$$Q_k = Q_t \times (20\%-30\%) \quad (14)$$

Dimana:

Q_k : Kebutuhan air domestik

Q_t : Kebutuhan air total

e. Kebutuhan rata-rata harian

Kebutuhan harian rata-rata untuk keperluan domestik maupun non domestik termasuk kehilangan air. Besarnya dihitung berdasarkan kebutuhan akan air rata-rata per orang per hari dihitung dari pemakaian air setiap jam selama 24 jam.

Kebutuhan air harian rata-rata (Q_{rh}), dengan rumus :

$$Q_{rh} = Q_t + Q_k \quad (15)$$

Dimana:

Q_{rh} : Kebutuhan air rata-rata harian

Q_t : Kebutuhan air total

Q_k : Kehilangan air

f. Kebutuhan air harian maksimum.

Kebutuhan air harian maksimum adalah pemakaian air tertinggi pada hari tertentu selama satu tahun, besarnya 1,1 kali kebutuhan harian rata-rata. Kebutuhan air harian maksimum (Q_{max}), dengan rumus:

$$Q_{max} = 1,1 \times Q_{rh} \quad (16)$$

g. Kebutuhan air jam puncak

Kebutuhan air harian maksimum adalah pemakaian air tertinggi pada hari tertentu selama satu tahun, besarnya 1,5 kali kebutuhan harian rata-rata. Kebutuhan air harian maksimum (Q_{max}), dengan rumus:

$$Q_{peak} = 1,5 \times Q_{rh} \quad (17)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan Desa Oesusu. Jumlah penduduk diproyeksikan untuk 20 tahun mendatang dari tahun 2024 sampai tahun 2043 berdasarkan data penduduk 10 tahun terakhir dari

tahun 2014 sampai tahun 2023 (Kecamatan Takari dalam Angka 2014-2023). Proyeksi jumlah penduduk juga berdasarkan laju pertumbuhan penduduk. Desa Oesusu dari tahun 2014 sampai tahun 2023. Setelah mengetahui rata-rata pertumbuhan penduduk, selanjutnya dilakukan perhitungan proyeksi jumlah penduduk menggunakan metode aritmatik, geometrik dan eksponensial. Kemudian lakukan perhitungan standar deviasi dari masing-masing metode yang dapat dilihat pada Tabel 3 Metode proyeksi dengan standar deviasi terkecil adalah metode yang lebih akurat atau sesuai dengan data historis dan dapat dipilih untuk digunakan dalam analisis selanjutnya. Berdasarkan Tabel 3, hasil perhitungan nilai standar deviasi terkecil yaitu pada metode aritmatik. Maka jumlah penduduk hasil proyeksi Desa Oesusu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Standar Deviasi Desa Oesusu

No.	Desa Oesusu	
	Metode	Standar Deviasi
1	Geometrik	534,95
2	Aritmatik	345,11
3	Eksponensial	490,98

Sumber: Hasil Pehitungan, 2024.

Tabel 4. Proyeksi Penduduk Desa Oesusu Tahun 2024 sampai Tahun 2043

No	Tahun	Proyeksi Penduduk (jiwa)
1	2024	1795
2	2025	1877
3	2026	1960
4	2027	2042
5	2028	2125
6	2029	2207
7	2030	2290
8	2031	2372
9	2032	2455
10	2033	2537
11	2034	2620
12	2035	2702
13	2036	2785
14	2037	2867
15	2038	2950
16	2039	3032
17	2040	3115
18	2041	3197
19	2042	3280
20	2043	3362

Sumber: Hasil Perhitungan, 2024

3.2 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih yang dihitung berupa kebutuhan air total, kehilangan air, kebutuhan air rata-rata harian, kebutuhan air harian maksimum dan kebutuhan air pada jam puncak berdasarkan

kebutuhan air domestik dan non domestik yang dihitung berdasarkan proyeksi penduduk Desa Oesusu dari tahun 2024 hingga tahun 2043. Menurut Ditjen Cipta Karya DPU (2004), parameter-parameter yang perlu diperhitungkan yaitu faktor kehilangan air sebesar 20-30%; koefisien faktor harian maksimum sebesar 1,1; koefisien faktor jam puncak sebesar 1,5. Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air bersih di Desa Oesusu pada tahun 2043 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Desa Oesusu Tahun 2043

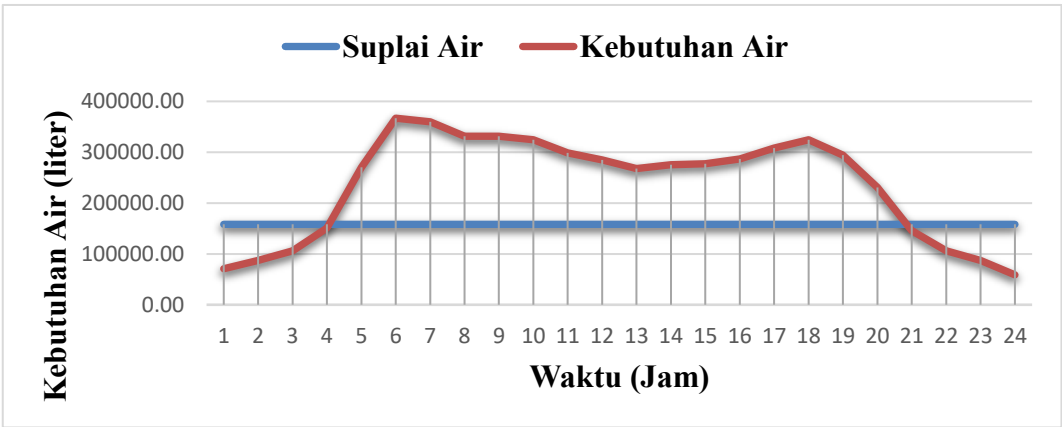
No	Keterangan	Liter/detik (ltr/dtk)
1	Kebutuhan Air Bersih Domestik (Qd)	2,257
2	Kebutuhan Air Non Domestik (Qnd)	0,193
3	Total Kebutuhan Air Harian (Qt = Qd + Qnd)	2,450
4	Kehilangan air (Qk = 20%* Qt)	0,490
5	Kebutuhan Air Rata-rata Harian (Qrh = Qt +Qk)	2,940
6	Kebutuhan Air Maksimum (Qmax) = 1.1 * Qrh)	3,234
7	Kebutuhan Air Jam Puncak (Qpeak) = 1.5 *Qrh)	4,851

3.3 Perbandingan Kebutuhan dengan Ketersediaan Air Bersih

Perbandingan kebutuhan dengan ketersediaan air bersih dilakukan dengan membandingkan debit hasil pengukuran sumber air yang tersuplai saat ini dengan debit yang dibutuhkan sampai dengan tahun 2043 sesuai dengan hasil perhitungan daerah pelayanan mengalami defisit ketersediaan air sebesar 0,338 liter /detik di tahun 2024 dan 1,729 liter/detik pada tahun 2043. Defisit ini terjadi karena adanya musim kemarau yang berpengaruh dalam pemenuhan kebutuhan air daerah layanan Desa Oesusu. Untuk mengatasi kondisi tersebut dan memastikan pemerataan distribusi air bersih, diperlukan penerapan sistem pendistribusian air secara baik dan memanfaatkan reservoir sebagai tempat penampungan sementara. Jadwal pendistribusian air disusun dengan mempertimbangkan kondisi topografi, besaran kebutuhan air bersih di wilayah layanan, serta keterbatasan pasokan air yang tersedia.

3.4 Fluktuasi Kebutuhan Air

Perhitungan fluktuasi kebutuhan air di Desa Oesusu pada tahun 2043 berdasarkan besar suplai air (kapasitas debit) dari sumber air sebesar 1,505 ltr/dtk atau 5416,34 ltr/jam, besar kebutuhan air rerata harian sebesar 2,940 ltr/dtk atau 10583,571 ltr/jam (Tabel 3) dan dengan koefisien faktor pengalih setiap jam (Ditjen Cipta Karya DPU, 2004). Perhitungan fluktuasi kebutuhan air di Desa Oesusu tahun 2043 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Fluktuasi Kebutuhan Air di Desa Oesusu Tahun 2043

Berdasarkan Gambar 1, kebutuhan air melebihi suplai yang tersedia pada rentang waktu pukul 04.00 hingga 21.00. Sebaliknya, pada pukul 22.00 hingga 03.00, kebutuhan air lebih rendah

dibandingkan suplai. Fluktuasi kebutuhan ini menunjukkan bahwa faktor pengalih (*load factor*) sangat memengaruhi variasi kebutuhan air setiap jam. Oleh karena itu, pengisian reservoir dilakukan pada periode pukul 22.00 hingga 03.00, saat permintaan air relatif rendah dan suplai berlebih (Gambar 1). Selanjutnya, pada periode pukul 04.00 hingga 21.00, air dari reservoir digunakan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan di Desa Oesusu. Karena permintaan kebutuhan air pada periode ini melebihi suplai air, pemanfaatan reservoir dalam sistem distribusi dilakukan dengan mempertimbangkan agar tidak terjadi tekanan negatif pada setiap titik sambungan (*junction*) yang memiliki permintaan air. Dengan demikian, sistem distribusi dapat beroperasi secara optimal dan memenuhi kebutuhan pelanggan secara merata.

3.5 Pemodelan Jaringan Air Bersih menggunakan Software QGIS 3.38.0

1. Tahapan penggunaan software QGIS 3.38.0

Penelitian menggunakan perangkat lunak QGIS 3.38.0 untuk pemetaan dan analisis spasial. Pertama-tama dibuat proyek baru dan diatur sistem koordinat referensi (CRS) dengan zona UTM 51S sesuai lokasi penelitian. Data peta dasar ditambah melalui menu *Quick Map Service*, kemudian data *Digital Elevation Model* (DEM) yang diunduh dari tanahair.indonesia.go.id dimasukkan sebagai layer raster dengan CRS WGS 84. Data jaringan perpipaan eksisting diperoleh dari *Google Earth* dan dimasukkan sebagai layer vektor.

Penggambaran sambungan rumah, hidran umum, dan fasilitas didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk Desa Oesusu tahun 2043 yaitu 3362 jiwa. Dengan asumsi 5 jiwa per sambungan rumah dan 200 jiwa per hidran umum, diperoleh 471 sambungan rumah dan 5 hidran umum yang direncanakan untuk tahun 2043. Perbandingan dengan kondisi eksisting tahun 2023 menunjukkan terdapat selisih negatif pada sambungan rumah dan kelebihan hidran umum pada tahun 2023. Penggambaran fitur-fitur tersebut dilakukan menggunakan layer shapefile titik di QGIS, dengan proses editing dan penempatan tanda fitur sesuai lokasi masing-masing. Proyek QGIS kemudian disimpan sebagai dokumentasi peta dan analisis yang telah dilakukan. Metode ini mendukung perencanaan tata ruang jaringan perpipaan yang efektif berdasarkan data spasial dan proyeksi kebutuhan fasilitas air bersih di masa mendatang.

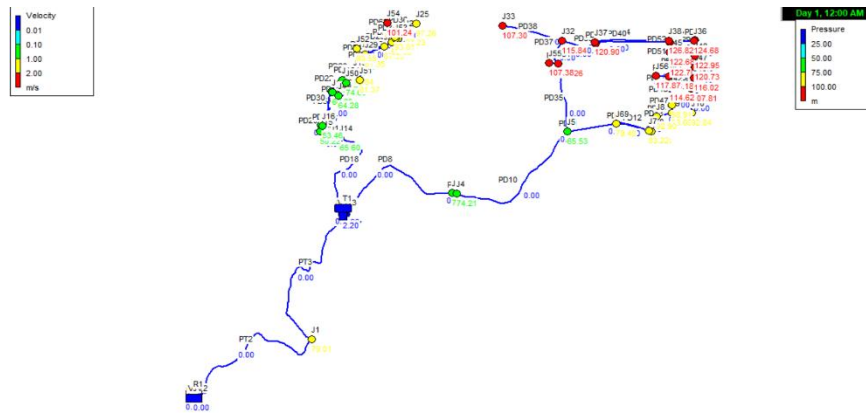
2. Tahapan penggunaan plugin QEPANET 2.5.6

Sebelum memulai proyek QEPANET 2.5.6 dalam QGIS 3.38.0, dipastikan data seperti layer DEM, CRS dengan koordinat UTM, jaringan perpipaan, reservoir, dan lainnya sudah tersedia dalam proyek QGIS, serta plugin QEPANET 2.5.6 sudah terinstal. Langkah awal adalah membuat file INP baru dan mengatur CRS pada zona UTM 51S sesuai lokasi Desa Oesusu, diikuti dengan pengaturan opsi hidraulik menggunakan metode head loss *Hazen-Williams* dan satuan debit LPS. Data DEM dimasukkan sesuai CRS, kemudian dilakukan digitasi elemen-elemen sistem distribusi air seperti reservoir (sumber air), tank (penampung air), pipa, *valve* (katup) dengan pengaturan properti pipa termasuk diameter dan koefisien kekasaran. Fungsi snap digunakan untuk menghubungkan pipa secara presisi. Pipa dan node *junction* digambar mengikuti data eksisting dan elevasi otomatis dihasilkan sesuai posisi. *Base demand* air dihitung berdasarkan kebutuhan air persambungan rumah (SR) dan hidran umum (HU) tahun 2043, yang kemudian diaplikasikan ke setiap *junction* berdasarkan permintaan kebutuhan di lokasi masing-masing. Data *base demand* dimasukkan ke tabel atribut layer *junction* untuk pemodelan. Hasil pemodelan jaringan perpipaan direpresentasikan dalam plugin QEPANET di QGIS.

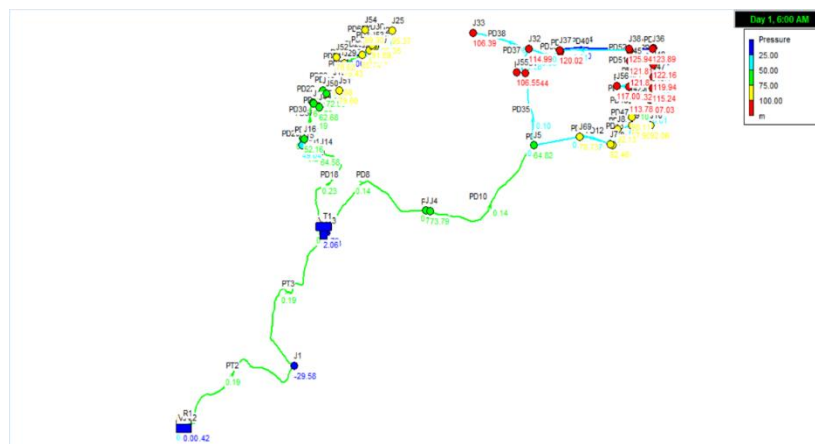
3.6 Hasil Analisa Jaringan Distribusi Dengan Software EPANET 2.2

Sistem perpipaan air bersih menggunakan sistem cabang dan pengaliran gravitasi dengan pipa HDPE dan GIP berdiameter variatif sesuai kebutuhan. Simulasi jaringan menggunakan software EPANET 2.2 yang dikombinasikan dengan QGIS (plugin QEPANET) menghasilkan analisis hidrolis berupa tekanan, debit, kecepatan, dan kehilangan energi. Hasil simulasi pada pukul 00.00 menunjukkan tekanan terendah sebesar 1,93 m dan tertinggi 126,82 m, sedangkan simulasi pada

pukul 06.00 terdapat tekanan negatif di salah satu junction (-29,58 m). Meski demikian, nilai tekanan secara umum memenuhi standar minimal 10 m sesuai PERMEN PUPR No.27/PRT/M/2016. Namun, kecepatan aliran pada beberapa pipa tidak memenuhi standar minimal 0,3 m/s, sehingga perlu perbaikan diameter pipa dengan tetap menjaga tekanan agar tidak kurang dari 10 m. Analisis fluktuasi kebutuhan dan suplai air memperlihatkan adanya periode antara pukul 04.00 hingga 21.00 di mana kebutuhan air melebihi suplai. Oleh karena itu, dilakukan penjadwalan pengisian reservoir selama 24 jam untuk memenuhi kebutuhan daerah layanan. Nilai debit tertinggi mencapai 2,04 liter/detik dan kehilangan energi tertinggi sebesar 2,27 m/km pada beberapa titik pipa. Rekomendasi perbaikan jaringan meliputi pengaturan ulang diameter pipa agar memenuhi kriteria kecepatan dan tekanan sesuai regulasi, guna menjamin keberlanjutan distribusi air bersih di Desa Oesusu hingga tahun 2043.



Gambar 2. Tampilan Simulasi Tekanan dan Kecepatan pada Software EPANET 2.2 Jam 00.00



Gambar 3. Tampilan Simulasi Tekanan dan Kecepatan pada Software EPANET 2.2 Jam 06.00

4. Kesimpulan

Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Desa Oesusu pada tahun 2043 dengan ketiga metode yaitu metode geometrik sebesar 4389 jiwa, metode aritmatik sebesar 3362 jiwa dan metode eksponensial sebesar 4161 jiwa. Berdasarkan perhitungan standar deviasi metode aritmatik memiliki nilai standar deviasi terkecil dari kedua metode lainnya sehingga proyeksi jumlah penduduk yang digunakan pada tahun 2043 adalah sebesar 3362 jiwa. Total kebutuhan air rata-rata harian adalah 2,940 lt/dtk, kebutuhan air harian maksimum 3,234 lt/dtk, dan kebutuhan air pada jam puncak adalah 4,851 lt/dtk. Berdasarkan hasil simulasi jaringan pipa air bersih di Desa Oesusu pada Jam 00.00, dan 06.00, diperoleh tekanan air pada setiap junction masih memenuhi syarat tekanan minimum., yaitu nilai tekanan lebih besar dari 10 meter. Meskipun demikian, terdapat beberapa pipa yang belum memenuhi standar kecepatan air dalam pipa, yaitu nilai kecepatan air dalam pipa kurang dari 0,3 m/s.

Daftar Pustaka

- Ardiansyah. 2011. *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Pada PDAM di Kota Ternate*. Jurnal Teknik Lingkungan:Malang.III(2) 211-220.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2014-2023. *Kecamatan Takari dalam Angka 2014-2023*. Kabupaten Kupang:Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang, Kabupaten Kupang.
- Ditjen Cipta Karya, Dinas Pekerjaan Umum. 2004. *Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya, Dinas Pekerjaan Umum.
- Hermawan, I. K. D. 2017. *Metode Menyusun Proyeksi Siswa dalam Perencanaan Pendidikan*.Yogyakarta: CV. Budi Utama.
- Hidayati, Tri., Handayani, Ita., Ikasari, I. K. 2019. *Statistika Dasar*. Purwokerto: CV. Pena Persada.
- Jaya, Fmustika. 2022, *Pemanfaatan Qgis dan Plugin Qepanet Guna Membantu Kinerja PDAM*. Modul NSWUP. Jakarta.
- Kodoatie, R. J., dan R. Sjarief. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. *Peraturan Menteri PUPR Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Menteri Perkerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Rossman, L. A. 2000. *Manual Program Epanet*. Bandung : Ekamitra Engineering
- Udju, J. I. R. 2014. *Evaluasi Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Daerah Layanan Kamelimabu Kecamatan Katikutana Selatan Kabupaten Sumba Tengah*. Skripsi, Program Teknik Sipil S-1 Konsentrasi Teknik Sumber Daya Air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional: Malang.
- Tamim,T., & Tumpu, M. 2021. *Sistem Penyediaan Air minum*. Makassar: CV. Tohar Media.