

STUDI PENGEMBANGAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH PDAM UMBULSARI KECAMATAN TEMPURSARI KABUPATEN LUMAJANG MENGUNAKAN *SOFTWARE EPANET 2.2*

Daffanta Rayya Elsandy¹, Eko Noerhayati² dan Renny Rohmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: 22101051081@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: renyrohrawati@unisma.ac.id

ABSTRACT

Bulurejo Village, Tempursari Subdistrict, Lumajang Regency, is facing an increase in clean water demand due to population growth and changes in residential areas following coastal erosion. This situation requires the planning and development of a clean water distribution network system that can reliably meet community needs and meet technical criteria. This study aims to analyze clean water needs, evaluate the performance of the existing distribution network, and plan the development of the clean water distribution network in Bulurejo Village until 2034. The method used is a qualitative descriptive method through the collection of primary and secondary data, analysis of population projections, calculation of clean water needs, analysis of water availability and reservoir capacity, pipe diameter planning, and hydraulic network simulation and evaluation using EPANET 2.2 software. The evaluation was conducted on flow velocity, node pressure, and energy loss (head loss) parameters based on drinking water supply system planning standards. The results showed that the population of Bulurejo Village is projected to increase from 3,871 in 2024 to 4,194 in 2034. The demand for clean water in 2025 is 6,505 L/sec (average), 7,481 L/sec (daily maximum), and 10,148 L/sec (peak hour), while in 2034 it will increase to 6,990 L/sec (average), 8,039 L/sec (daily maximum), and 10,904 L/sec (peak hour). The 2025 evaluation of the existing network shows that the system consists of 18 nodes, 19 pipes, and 1 reservoir with a branching network pattern and is still suitable for use as a basis for development. The results of the 2034 distribution network plan are a branching system with the addition of 6 nodes, a total pipe length of 3,975.4 m, and the use of PVC pipes with diameters of 6 inches, 4 inches, and 2.5 inches. Based on the EPANET 2.2 simulation results, all node pressures, flow velocities, and energy losses meet the technical criteria, so the planned clean water distribution network is deemed feasible to serve the clean water needs of Bulurejo Village until 2034.

Keywords : *Clean water distribution network; PDAM Umbulsari; EPANET 2.2; water demand; network development*

1. LATAR BELAKANG

1.1. Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang berperan penting dalam menunjang kesehatan masyarakat dan pembangunan wilayah. Namun, penyediaan dan distribusi air bersih di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, khususnya di wilayah perdesaan yang belum terlayani secara

optimal. Peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun berdampak pada meningkatnya kebutuhan air bersih, sehingga diperlukan sistem penyediaan air yang direncanakan secara efektif dan berkelanjutan. Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang, mengalami permasalahan ketersediaan air bersih akibat abrasi pantai sejak tahun 2018 yang

menyebabkan relokasi penduduk serta intrusi air laut ke dalam air tanah. Kondisi tersebut mengakibatkan penurunan kualitas air sehingga tidak memenuhi persyaratan air bersih. Meskipun terdapat sumber air bersih yang dikelola oleh PDAM Umbulsari, distribusi air belum menjangkau seluruh wilayah pelayanan secara merata. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan pengembangan jaringan distribusi air bersih melalui pemodelan hidraulik menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 guna meningkatkan kinerja sistem distribusi dan pemerataan pelayanan air bersih di wilayah terdampak.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka identifikasi masalah yang di dapatkan ialah:

1. Seiring dengan meluasnya wilayah pelayanan dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan air bersih di Desa Bulurejo mengalami peningkatan sebesar 8,37% pada periode 2024 - 2034
2. Distribusi air bersih di wilayah Tempursari ini belum terinstalasi secara merata terutama didaerah bulurejo, sehingga perlu dilakukan perluasan jaringan agar seluruh Masyarakat dapat terlayani dengan baik.

1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Berapakah proyeksi jumlah penduduk Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari, pada tahun 2034?
2. Berapakah jumlah kebutuhan air bersih di Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari, pada kondisi eksisting tahun 2025 serta proyeksi kebutuhan untuk sepuluh tahun mendatang, yaitu tahun 2034?
3. Bagaimana hasil kinerja sistem jaringan distribusi air bersih pada kondisi eksisting tahun 2025 menggunakan Epanet 2.2 ?
4. Bagaimana hasil rencana pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih ke wilayah perencanaan menggunakan Epanet 2.2 yang memenuhi ?

1.4. Batasan masalah

Batasan Batasan masalah yang diambil yaitu:

1. Tidak membahas kualitas air bersih.
2. Tidak menghitung Rancangan Anggaran Biaya (RAB).
3. Evaluasi Sistem Distribusi Air Bersih hanya di wilayah desa Bulurejo Kecamatan Tempursari Kabupaten Lumajang.
4. Perangkat lunak pendukung lain tidak digunakan, kecuali *Epanet 2.2*.

1.5. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proyeksi jumlah penduduk Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari, hingga tahun 2034.
2. Menganalisis kebutuhan air bersih Desa Bulurejo pada kondisi eksisting tahun 2025 serta proyeksi kebutuhan air bersih untuk sepuluh tahun mendatang (tahun 2034).
3. Untuk mengetahui hasil kinerja sistem jaringan distribusi air bersih pada kondisi eksisting tahun 2025.
4. Merencanakan pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih pada wilayah perencanaan berdasarkan pemodelan menggunakan *Epanet 2.2* agar memenuhi kriteria teknis perencanaan.

1.6. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Manfaat Akademis
Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi ilmiah dalam bidang teknik sumber daya air, khususnya terkait perencanaan dan evaluasi sistem jaringan distribusi air bersih menggunakan pemodelan hidraulik *Epanet*.
2. Manfaat Praktis
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi terkait, seperti PDAM atau pemerintah daerah, dalam pengambilan keputusan perencanaan dan pengembangan sistem penyediaan air bersih di Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari.
3. Manfaat Bagi Peneliti
Penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan peneliti dalam menerapkan teori perencanaan sistem distribusi air bersih serta penggunaan perangkat lunak *Epanet* dalam analisis jaringan pipa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

Air bersih dibutuhkan dalam hampir seluruh aspek kehidupan manusia, dan pemanfaatannya akan selalu menghasilkan limbah meskipun pada skala kecil. Ketersediaan air yang kurang memadai berdampak langsung terhadap aktivitas masyarakat, produktivitas, dan kualitas hidup secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber air dan distribusi melalui sistem seperti PDAM atau SPAM regional menjadi sangat penting untuk memastikan pelayanan air bersih yang merata dan berkelanjutan.

2.2. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih mencakup jumlah air yang diperlukan untuk aktivitas dasar sehari-hari, seperti minum, memasak, mandi, mencuci, dan kegiatan sanitasi, serta penggunaan di sektor publik, industri, dan pertanian. Pemenuhan kebutuhan ini sangat penting untuk menjaga kesehatan, kebersihan, dan kualitas hidup masyarakat. Besarnya kebutuhan air dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jumlah penduduk, tingkat sosial ekonomi, iklim dan cuaca, serta kebiasaan hidup dan budaya lokal. Penggunaan air bersih sendiri dapat dikategorikan menjadi domestik (rumah tangga), komersial (hotel, restoran, kantor), industri, serta pertanian dan peternakan.

Tabel 1 standar kebutuhan air bersih Per Kategori Wilayah

No.	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Orang)	Konsumsi Air (Liter/org/hari)
1.	Kota Metropolitan	> 1.000.000	190
2.	Kota Besar	500.000 - 1.000.000	170
3.	Kota Sedang	100.000 - 500.000	150
4.	Kota Kecil	20.000 - 100.000	130
5.	Desa	10.000- 20.000	100
6.	Desa Kecil	3.000 - 10.000	90

2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Jumlah kebutuhan dan penggunaan air bersih dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait, meliputi faktor sosial dan demografis (ukuran rumah tangga, usia kepala keluarga, dan tingkat pendidikan), faktor ekonomi (pendapatan rumah tangga serta harga dan struktur tarif air), faktor teknis dan

infrastruktur (jenis sistem penyediaan air dan ketersediaan peralatan hemat air), faktor perilaku dan psikososial (kebiasaan, budaya, serta kesadaran akan konservasi air), faktor lingkungan dan iklim (kondisi iklim dan ketersediaan sumber air), serta faktor kebijakan dan regulasi yang mencakup pengelolaan air dan insentif penggunaan peralatan hemat air. Kombinasi faktor-faktor ini menentukan pola konsumsi, tingkat efisiensi, dan strategi perencanaan dalam penyediaan air bersih yang berkelanjutan.

2.4. Fluktuasi Penggunaan Air

Penggunaan air bersih di Indonesia mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh waktu (harian dan musiman), aktivitas masyarakat, pertumbuhan penduduk, serta efisiensi distribusi. Pengetahuan mengenai fluktuasi ini penting dalam perencanaan kapasitas sistem distribusi dan pengelolaan sumber daya air. Kebutuhan air dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu kebutuhan air rata-rata harian (Q_r), kebutuhan air harian maksimum (Q_{hm}), dan kebutuhan pada jam puncak. Kebutuhan air rata-rata harian mencerminkan volume air yang dibutuhkan dalam kondisi normal tanpa mempertimbangkan puncak penggunaan, sedangkan kebutuhan air harian maksimum memperhitungkan fluktuasi tertinggi dalam satu hari dengan faktor f_1 (1,2–1,8) untuk menentukan kapasitas sistem. Kebutuhan pada jam puncak memperhitungkan lonjakan permintaan tertinggi dalam satu jam dengan faktor f_2 (2,0–3,0) untuk penentuan kapasitas pompa dan diameter pipa, sehingga sistem distribusi dapat melayani seluruh permintaan secara efektif dan berkelanjutan [2]

2.5. Rumus Perhitungan Proyeksi Air Bersih

Untuk menentukan kebutuhan air di Perumahan Araya, dilakukan proyeksi penduduk hingga 10 tahun menggunakan metode geometrik. Metode ini mengasumsikan pertumbuhan penduduk secara eksponensial, yaitu bertambah berdasarkan persentase tetap setiap tahun, sehingga jumlah penduduk meningkat lebih cepat dibanding metode

aritmatika. Dari hasil proyeksi penduduk ini, kemudian dihitung kebutuhan air untuk sektor domestik dan non-domestik [4].

Metode Aritmatika digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk dengan asumsi pertumbuhan linear, yaitu bertambah dengan jumlah tetap setiap tahun. Proyeksi dihitung berdasarkan data penduduk awal (P_0) dan laju pertumbuhan absolut (r) selama periode proyeksi (t) menggunakan rumus:

1. Tentukan jumlah penduduk awal (P_0) dari data sensus.
2. Tentukan laju pertumbuhan penduduk (r) berdasarkan data historis.
3. Tentukan jangka waktu proyeksi (t) dalam tahun.
4. Guna menghitung jumlah penduduk secara proyeksi dapat menggunakan rumus $P_t = P_0 + (r \times t)$

Metode Geometrik digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk dengan asumsi pertumbuhan eksponensial, yaitu bertambah berdasarkan persentase tetap setiap tahun. Metode ini memungkinkan jumlah penduduk meningkat lebih cepat dibanding metode aritmatika. Dari proyeksi penduduk hingga 10 tahun, kemudian dihitung kebutuhan air untuk sektor domestik dan non-domestik [5].

$$P_t = P_0 \times (1 + r)$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke- t (tahun proyeksi)

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar (tahun awal)

r = Laju pertumbuhan penduduk tahunan (dalam bentuk desimal)

t = Jumlah tahun proyeksi (selisih antara tahun proyeksi dan tahun dasar)

Metode Regresi Linear digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk berdasarkan tren historis dengan pendekatan garis lurus. Metode ini berguna ketika data penduduk beberapa tahun tersedia, dengan tujuan menemukan hubungan linier antara waktu dan jumlah penduduk.

$$P_t = a + b \cdot t$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke- t

a = Konstanta (intersep), nilai penduduk saat $t=0$ atau $t=0$

b = Koefisien regresi, rata-rata perubahan penduduk tiap tahun

t = Tahun ke- t dari tahun dasar (misal: 2020 = 0, 2021 = 1, dst)

Untuk mencari konstanta (intersep) dan koefisien regresi digunakan rumus sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum(t \cdot P) - \sum t \cdot \sum P}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$a = \frac{\sum P - b \cdot \sum t}{n}$$

2.6. Kehilangan Air (Water Losses)

Kehilangan air (Non-Revenue Water/NRW) merupakan selisih antara air yang diproduksi sistem penyediaan air minum dengan air yang berhasil ditagihkan kepada pelanggan, yang berdampak pada efisiensi operasional dan keberlanjutan tingkatan layanan [3]. Menurut International Water Association (IWA), kehilangan air dibagi menjadi kehilangan fisik akibat kebocoran jaringan, sambungan, pipa transmisi, atau tangki penyimpanan, serta kehilangan komersial yang disebabkan pencurian air, kesalahan pembacaan meter, atau kegagalan administrasi. Dampak kehilangan air meliputi menurunnya efisiensi operasional, berkurangnya pendapatan PDAM, meningkatnya biaya produksi, dan terbatasnya cakupan layanan. Standar NRW yang masih dapat ditoleransi menurut World Bank dan IWA adalah 15–20% dari produksi air, namun di Indonesia sering melebihi 30%. Strategi pengendalian meliputi audit jaringan, deteksi kebocoran, pemasangan district metered area (DMA), kalibrasi meter air, serta peningkatan tata kelola pelanggan dan sistem penagihan.

2.7. Analisa Pemakaian Air Pada Jam Puncak

Analisa jam puncak adalah periode dalam sehari ketika konsumsi air mencapai titik tertinggi, umumnya terjadi pada pagi (05.00–08.00) dan sore hingga malam hari (17.00–21.00) akibat aktivitas mandi, memasak, mencuci, dan kegiatan rumah tangga lainnya. Analisis ini penting untuk memastikan kapasitas sistem distribusi mampu mengakomodasi beban maksimum tanpa menurunkan tekanan

atau menyebabkan kekurangan pasokan air, dengan perhitungan kebutuhan air pada jam puncak menggunakan persamaan tertentu.

$$Q_{\text{puncak}} = Q_{\text{rata}} - \text{rata} \times F_p$$

Dimana:

Q_{puncak} = kebutuhan air pada jam puncak (m^3/hari atau liter/detik)

$Q_{\text{rata}} - \text{rata}$ = kebutuhan rata-rata air harian

F_p = faktor puncak (peak factor)

2.8. Jenis Dan Desain Galian

A. Galian Persegi (Rectangular Trench)

Pipa diletakkan di galian berbentuk persegi dengan lebar seragam, di atas lapisan dasar (bedding) sebagai penyangga dan perata beban. Cocok untuk tanah stabil dan mudah digali, memudahkan pemasangan serta pemadatan kembali.

B. Galian Trapesium (Trapezoidal Trench)

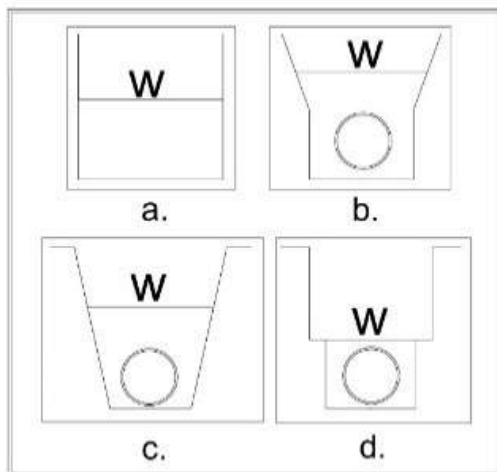
Galian berbentuk trapesium dengan bagian atas lebih lebar untuk meningkatkan kestabilan dinding galian. Pipa diletakkan di dasar galian sehingga beban tanah terdistribusi lebih baik, cocok untuk tanah kurang stabil.

C. Bedding Alami Tanah

Pipa diletakkan langsung pada dasar galian yang diratakan tanpa penyangga tambahan, menggunakan tanah asli sebagai penopang. Digunakan pada tanah keras dan homogen yang mampu menopang pipa secara merata.

D. Penyangga Beton (Concrete Cradle)

Pipa didukung oleh dudukan beton untuk melindungi dari beban tanah dan tekanan eksternal. Cocok untuk tanah lunak, tidak stabil, atau lokasi dengan beban lalu lintas tinggi.



Gambar 1 Tipikal Penamaan Pipa Distribusi

2.9. Software Epanet2.2

Epanet2.2 adalah perangkat lunak simulasi yang dikembangkan oleh US EPA untuk memodelkan sistem distribusi air bersih. Program ini menganalisis aliran, tekanan, dan kualitas air pada jaringan pipa bertekanan, mendukung simulasi kondisi tunak maupun tidak tunak, serta pelacakan perubahan kualitas air. Versi 2.2 memiliki antarmuka modern, algoritma hidraulik yang ditingkatkan, dan integrasi dengan Python, sehingga banyak digunakan untuk perencanaan, analisis, dan optimasi jaringan distribusi air.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Desa Bulurejo adalah salah satu desa di Kecamatan Tempursari, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur, dengan luas wilayah sekitar $7,73 \text{ km}^2$ dan jumlah penduduk sekitar 3.327 jiwa. Desa ini memiliki potensi sumber daya alam yang besar, terutama di sektor pertanian (padi), perkebunan (kakao), dan perikanan laut. Terdapat juga Tempat Pelelangan Ikan (TPI) aktif dengan tangkapan seperti lemuru dan tongkol. Selain itu, Bulurejo memiliki fasilitas pendidikan dasar seperti SD dan madrasah ibtidaiyah, serta lahan kosong yang dapat dikembangkan lebih lanjut.



Gambar 2. Lokasi Penelitian 2026

Sumber: google maps

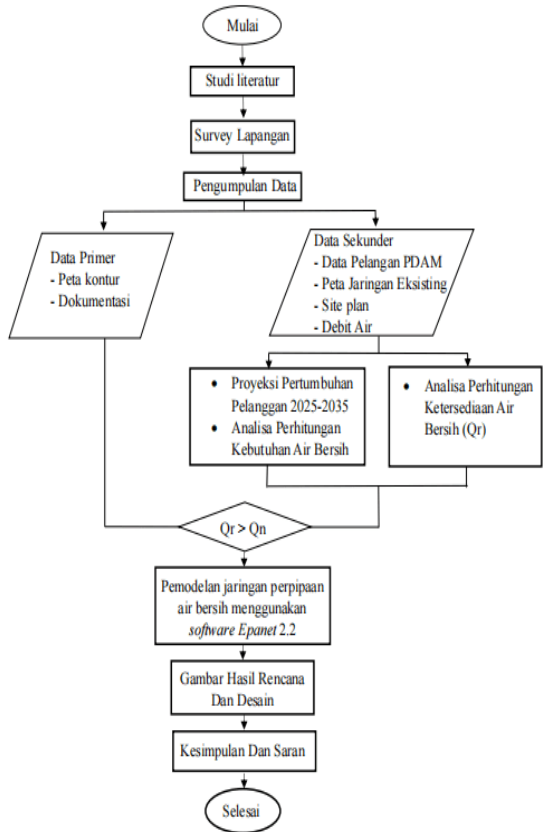
Selain kekayaan alam, Bulurejo juga memiliki nilai sejarah tinggi. Yakni ditemukan situs permukiman kuno berupa artefak seperti gerabah, alat besi, manik-manik, dan arca Ganesha. Desa ini juga pernah terdampak bencana alam seperti banjir yang merusak

jembatan penghubung antar dusun, namun telah diperbaiki melalui kerja sama masyarakat dan pemerintah. Potensi ekonomi dan sejarah ini menjadikan Bulurejo sebagai desa yang strategis untuk pengembangan wilayah pesisir selatan Lumajang Malang, Jawa Timur 65144.

3.2. Metode Pengumpulan Data

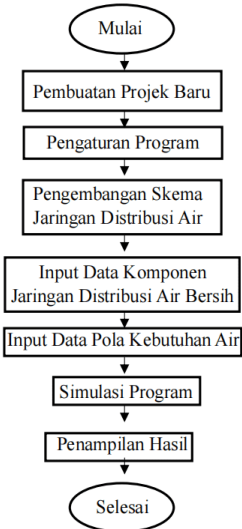
Tahap Persiapan bertujuan mempermudah jalannya penelitian melalui pengumpulan dan analisis data. Kegiatan meliputi studi pustaka untuk memahami teori distribusi air bersih, optimasi jaringan, dan perangkat lunak seperti EPANET, serta observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi nyata jaringan distribusi PDAM, termasuk jalur pipa, pompa, tangki, titik kritis, koordinat, dan elevasi. Pengumpulan data diperoleh dari instansi terkait, meliputi jumlah penduduk Desa Bulurejo 10 tahun terakhir, data pelanggan PDAM Tempursari di Desa Bulurejo, kebutuhan air bersih desa, dan debit sumber air.

3.3. Tahapan Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.4. Diagram Alir Epanet2.2



Gambar 4. Diagram alir Epanet 2.2

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk

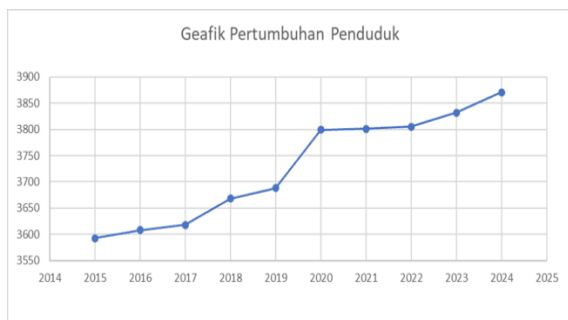
Perkembangan jumlah penduduk Desa Bulurejo tahun 2015-2024 berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kecamatan Tempursari dan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Data Jumlah Penduduk Desa Bulurejo selama 10 Tahun Terakhir

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2015	3593
2	2016	3608
3	2017	3618
4	2018	3668
5	2019	3668
6	2020	3799
7	2021	3801
8	2022	3805
9	2023	3832
10	2024	3871

Tabel 3 Rata-Rata Presentase Pertumbuhan Penduduk

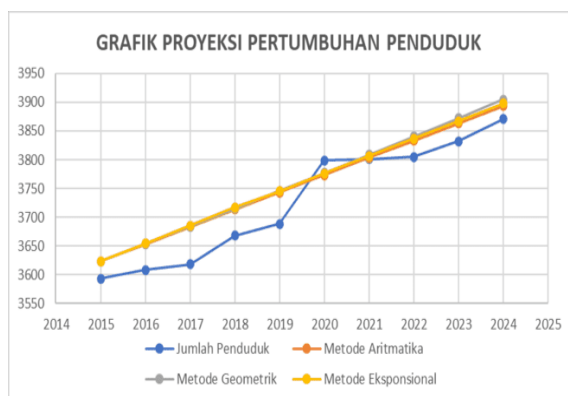
No	Tahun	Jumlah Penduduk	Pertambahan	
			Jiwa	%
1	2015	3593		
2	2016	3608	15,00	0,41748
3	2017	3618	10,00	0,27716
4	2018	3668	50,00	1,38198
5	2019	3668	20,00	0,54526
6	2020	3799	111,00	3,00976
7	2021	3801	2,00	0,05265
8	2022	3805	4,00	0,10524
9	2023	3832	27,00	0,70959
10	2024	3871	39,00	1,01775
		Jumlah Rata-rata	30,89	0,8352



Gambar 5. Grafik Pertumbuhan Penduduk

Tabel 4 Pertumbuhan Penduduk Dengan Perbandingan Tiga Metode

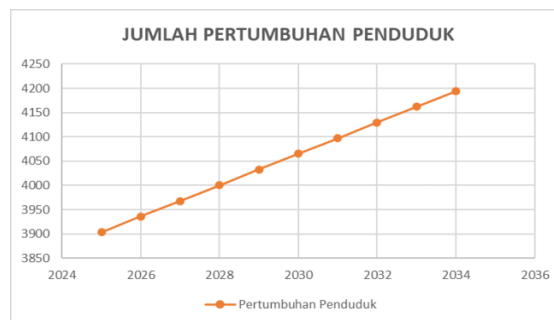
No	Tahun	Jumlah Penduduk	Hasil Perhitungan		
			Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
1	2015	3593	3623	3623	3623
2	2016	3608	3653	3653	3654
3	2017	3618	3683	3684	3685
4	2018	3668	3713	3715	3717
5	2019	3688	3743	3746	3745
6	2020	3799	3773	3777	3776
7	2021	3801	3803	3808	3806
8	2022	3805	3833	3840	3837
9	2023	3832	3863	3872	3867
10	2024	3871	3893	3905	3898



Gambar 6. Grafik Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Tabel 5 Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Bulurejo Tahun 2025 – 2034

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Proyeksi Jumlah Penduduk Metode Aritmatika
1	2015	3593	3903
2	2016	3608	3936
3	2017	3618	3968
4	2018	3668	4000
5	2019	3688	4033
6	2020	3799	4065
7	2021	3801	4097
8	2022	3805	4130
9	2023	3832	4162
10	2024	3871	4194



Gambar 7. Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Bulurejo Tahun 2025 – 2034

4.2. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air domestik direncanakan melayani 100% penduduk dengan asumsi setiap sambungan rumah untuk 5 jiwa, sementara kebutuhan non-domestik diproyeksikan 20–30% dari kebutuhan domestik untuk fasilitas umum, pendidikan, kesehatan, industri, dan perdagangan. Kehilangan air diasumsikan sebesar 20%. Kebutuhan air dihitung dalam tiga kategori: rata-rata, maksimum ($1,15 \times \text{rata-rata}$), dan jam puncak ($1,5 \times \text{rata-rata}$). Berdasarkan proyeksi tahun 2025, jumlah penduduk yang akan dilayani mencapai 3.903 jiwa, setara dengan sekitar 719 sambungan rumah, yang menjadi dasar perencanaan kapasitas sistem distribusi air bersih PDAM di wilayah tersebut.

4.3. Analisa Debit Pada Sumber

Analisis ketersediaan air bersih Desa Bulurejo hingga 2034 menunjukkan bahwa debit sumber SPAM sebesar 28 L/detik masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air, dengan kebutuhan harian maksimum 8,029 L/detik dan kebutuhan jam puncak 10,485 L/detik. Hal ini menunjukkan bahwa pasokan air baku saat ini mampu memenuhi kebutuhan masyarakat hingga periode proyeksi tersebut.

4.4. Analisa Kapasitas Reservoir

Air dari sumber ditampung terlebih dahulu dalam reservoir beton sebelum didistribusikan ke warga Desa Bulurejo untuk menjaga aliran tetap stabil. Kapasitas reservoir ditentukan berdasarkan produksi air 100%, dibagi ke suplai per jam dari kebutuhan maksimum, serta mempertimbangkan fluktuasi penggunaan per jam menggunakan metode Load Factor sebagai faktor pengukuran distribusi air bersih [1].

Tabel 6 Perhitungan kebutuhan air

Keterangan	Satuan	Tahun										
		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Jumlah Penduduk		3871	3903	3936	3968	4000	4033	4065	4097	4130	4162	4194
Jumlah jiwa per SR		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Jumlah penduduk yang dilayani		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Sambungan rumah		645	651	656	661	667	672	678	683	688	694	699
Kebutuhan air perkapita		3871	3903	3936	3968	4000	4033	4065	4097	4130	4162	4194
Kebutuhan air domestik		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Kebutuhan air non domestik		4,480	4,517	4,556	4,593	4,630	4,668	4,705	4,742	4,780	4,817	4,854
Kebutuhan air total		0,896	0,903	0,911	0,919	0,926	0,934	0,941	0,948	0,956	0,963	0,971
Kehilangan air akibat kebocoran		5,376	5,421	5,467	5,511	5,556	5,601	5,646	5,690	5,736	5,781	5,825
Kebutuhan air rata - rata		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Kebutuhan air harian maksimum		1,075	1,084	1,093	1,102	1,111	1,120	1,129	1,138	1,147	1,156	1,165
Kebutuhan air jam puncak		6,452	6,505	6,560	6,613	6,667	6,722	6,775	6,828	6,883	6,937	6,990
Kapasitas produksi PDAM		7,419	7,481	7,544	7,605	7,667	7,730	7,791	7,853	7,916	7,977	8,039
		10,065	10,148	10,234	10,317	10,400	10,486	10,569	10,652	10,738	10,821	10,904
		24,43	24,43	24,43	24,43	24,43	24,43	24,43	24,43	24,43	24,43	24,43

Tabel 7 Nilai Load Factor Menurut SNI

Jam	1	2	3	4	5	6
Load Factor	0,3	0,37	0,45	0,64	1,15	1,4
jam	13	14	15	16	17	18
Load Factor	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38
Jam	7	8	9	10	11	12
Load Factor	1,53	1,56	1,41	1,38	1,27	1,2
jam	19	20	21	22	23	24
Load Factor	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

Tabel 8 Fluktuasi Pemakaian Air Desa Bulurejo.

Jam	Load Factor	Produksi (L/sb)	Debit Pompa (L/sb)	Kebutuhan Air (L/sb)	Selisi (L)	Selisi (L)	Komandan
00.00 - 01.00	0,30	28	10	11	3,31	7,70	14,63
01.00 - 02.00	0,37	28	10	11	4,07	6,93	14,63
02.00 - 03.00	0,45	28	10	11	4,95	6,05	20,68
03.00 - 04.00	0,64	28	10	11	7,04	3,96	24,64
04.00 - 05.00	1,15	28	10	11	12,65	-1,65	22,99
05.00 - 06.00	1,4	28	10	11	15,80	-4,80	18,59
06.00 - 07.00	1,53	28	10	11	16,83	-5,83	12,76
07.00 - 08.00	1,56	28	10	11	17,16	-6,16	6,60
08.00 - 09.00	1,41	28	10	11	15,51	-4,51	2,99
09.00 - 10.00	1,38	28	10	11	15,18	-4,18	-2,09
10.00 - 11.00	1,27	28	10	11	13,97	-2,97	-5,06
11.00 - 12.00	1,2	28	10	11	13,20	-2,20	-7,26
12.00 - 13.00	1,14	28	10	11	12,54	-1,54	-8,80
13.00 - 14.00	1,17	28	10	11	12,87	-1,87	-10,67
14.00 - 15.00	1,18	28	10	11	12,98	-1,98	-12,65
15.00 - 16.00	1,22	28	10	11	13,42	-2,42	-15,07
16.00 - 17.00	1,31	28	10	11	14,41	-3,41	-18,48
17.00 - 18.00	1,38	28	10	11	15,18	-4,18	-22,66
18.00 - 19.00	1,25	28	10	11	13,78	-2,78	-25,41
19.00 - 20.00	0,98	28	10	11	10,78	0,22	-25,19
20.00 - 21.00	0,62	28	10	11	6,82	4,18	-21,01
21.00 - 22.00	0,45	28	10	11	4,95	6,05	-14,96
22.00 - 23.00	0,37	28	10	11	4,07	6,93	-8,01
23.00 - 24.00	0,25	28	10	11	2,75	8,25	0,22

4.5. Perhitungan Unit Bagunan Reservoir

Unit bangunan reservoir berfungsi sebagai tempat menampung air hasil proses pengolahan. Fasilitas pengolahan air ini diperuntukkan khusus untuk memenuhi kebutuhan warga Desa Bulurejo. Kapasitas reservoir ditentukan oleh kebutuhan air harian maksimum serta volume efektif tampungan. Dengan dasar tersebut, diperoleh perhitungan kapasitas reservoir sebagai berikut,

$$V = P \times L \times T$$

$$60 \text{ m}^3 = P \times L \times 3$$

$$P \times L = 60 / 3 \text{ m}^2$$

$$P \times L = 20 \text{ m}^2$$

Diasumsikan

$$P \times L = 20 \text{ m}^2$$

$$P^2 = 20 \text{ m}^2$$

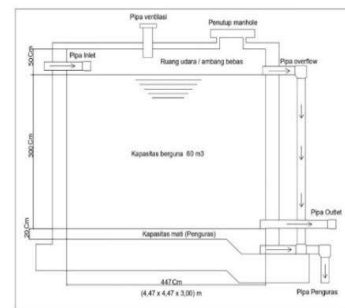
$$P = \sqrt{20}$$

$$P = 4,47 \text{ m}$$

$$L = 4,47 \text{ m}$$

Maka dimensi reservoir adalah :

$$P = 4,47\text{m} \quad L = 4,47\text{m} \quad T = 3\text{m}$$



Gambar 8 Sketsa Reservoir

4.6. Diameter Pipa Distribusi

Penetapan diameter pipa distribusi pada penelitian ini tidak dilakukan melalui perhitungan teoritis, melainkan mengacu pada data sekunder yang diperoleh dari pihak PDAM Umbulsari sebagai pengelola Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di wilayah penelitian. Pendekatan ini dipilih karena diameter pipa yang digunakan oleh PDAM telah disesuaikan dengan standar operasional, kondisi lapangan, serta pengalaman teknis dalam pengelolaan jaringan distribusi air bersih.

Berdasarkan data sekunder tersebut, sistem jaringan distribusi air bersih di wilayah perencanaan direncanakan menggunakan:

- Pipa primer dengan diameter 6 inci
- Pipa sekunder dengan diameter 4 inci
- Pipa tersier dengan diameter 2,5 inci

Tabel 9 Penetapan Diameter Pipa Distribusi

Jenis Pipa	Diameter (inci)	Sumber Data	Keterangan
Primer	6	Data PDAM	Pipa utama distribusi
Sekund er	4	Data PDAM	Distribusi ke zona layanan
Tersier	2,5	Data PDAM	Sambungan ke pelanggan

4.7. Hasil Running *Epamet2.2*

Tabel 10 Hasil Running Link Epanet 2.2

Link ID	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
	m	mm		LPS	m/s	m/km	
Pipe 2	3670	152,4	150	2,15	0,12	0,110	0,023
Pipe 9	1524,25	152,4	150	1,37	0,08	0,050	0,025
Pipe 15	105,01	152,4	150	1,07	0,06	0,030	0,026
Pipe 16	79,99	152,4	150	0,18	0,01	0,000	0,034
Pipe 17	399,385	152,4	150	0,74	0,04	0,020	0,027
Pipe 18	515,165	152,4	150	0,63	0,03	0,010	0,028
Pipe 22	1264,71	101,6	150	0,52	0,06	0,060	0,027
Pipe 23	1481,71	101,6	150	0,26	0,03	0,020	0,030
Pipe 24	92,99	152,4	150	0,63	0,03	0,010	0,028
Pipe 25	218,755	152,4	150	0,41	0,02	0,010	0,030
Pipe 26	1836,15	152,4	150	0,15	0,01	0,010	0,035
Pipe 27	382,615	101,6	150	0,11	0,01	0,010	0,035
Pipe 28	406,12	101,6	150	0,11	0,01	0,010	0,035
Pipe 29	396,085	101,6	150	0,04	0,01	0,010	0,040
Pipe 30	218,505	63,5	150	0,11	0,04	0,030	0,033
Pipe 31	95,925	63,5	150	0,15	0,05	0,050	0,031
Pipe 3	500	63,5	150	0,11	0,04	0,030	0,032
Pipe 4	500	101,6	150	0,15	0,02	0,010	0,033

Tabel 11 Tabel Pipa Pengembangan

Link ID	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor
	m	mm		LPS	m/s	m/km	
Pipe 17	399,385	152,4	150	0,74	0,04	0,020	0,027
Pipe 18	515,165	152,4	150	0,63	0,03	0,010	0,028
Pipe 22	1264,71	101,6	150	0,52	0,06	0,060	0,027
Pipe 23	1481,71	101,6	150	0,26	0,03	0,020	0,030
Pipe 30	218,505	63,5	150	0,11	0,04	0,030	0,033
Pipe 31	95,925	63,5	150	0,15	0,05	0,050	0,031

Tabel 12 Hasil Running Nodes Epanet 2.2

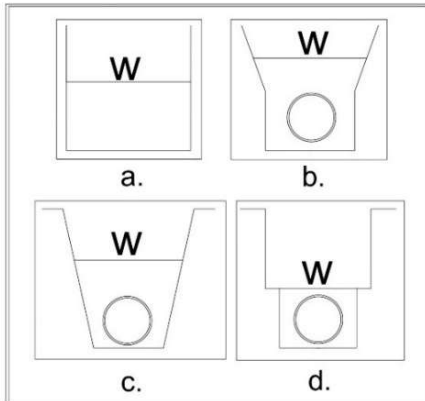
Node ID	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	LPS	m	m
Junc 5	7,62	0,4	0,15	72,42	64,8
Junc 6	4,876	0,4	0,15	71,62	66,74
Junc 18	5,181	0,4	0,15	71,47	66,29
Junc 19	4,876	0,4	0,15	71,47	66,59
Junc 20	5,791	0,3	0,11	71,47	65,68
Junc 22	5,179	0,3	0,11	71,47	66,29
Junc 24	6,096	0,3	0,11	71,44	65,35
Junc 25	9,144	0,3	0,11	71,3	62,16
Junc 26	7,101	0,4	0,15	71,26	64,16
Junc 27	7,315	0,3	0,11	71,46	64,14
Junc 28	4,267	0,3	0,11	71,62	67,35
Junc 29	4,267	0,4	0,15	71,61	67,35
Junc 30	6,705	0,4	0,15	71,61	64,91
Junc 31	5,79	0,3	0,11	71,61	65,82
Junc 32	5,79	0,3	0,11	71,61	65,82
Junc 33	7,1	0,3	0,11	71,24	64,14
Junc 34	9,143	0,4	0,15	71,29	62,15
Junc 2	5	0,3	0,11	71,44	66,44

Tabel 13 Tabel Node Pengembangan

Node ID	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	LPS	m	m
Junc 19	4,876	0,4	0,15	71,47	66,59
Junc 24	6,096	0,3	0,11	71,44	65,35
Junc 25	9,144	0,3	0,11	71,3	62,16
Junc 26	7,101	0,4	0,15	71,26	64,16
Junc 27	7,315	0,3	0,11	71,46	64,14
Junc 33	7,1	0,3	0,11	71,24	64,14
Junc 34	9,143	0,4	0,15	71,29	62,15

4.8. Perhitungan Volume Galian Dan Urugan

Dalam pekerjaan galian dan timbunan pipa, lebar galian harus memenuhi standar SNI 7511:2011 agar memungkinkan pengoperasian alat, penyambungan pipa, dan pemadatan timbunan. Jika lebih dari satu jaringan pipa dipasang dalam galian yang sama, jarak minimum antar pipa 150 mm harus dipenuhi, dan timbunan di sekitar pipa dipadatkan sesuai spesifikasi pipa (BSN, 2011).



Gambar 7 Tipikal Penamaan Pipa Distribusi

Tabel 14 Standar Tipe Ukuran Galian Menurut Pipa

Diameter (mm)	Lebar W (mm)	Kedalaman H (mm)
80 - 100	400	700
150 - 200	450	800
250 - 300	500	900
350 - 400	750	1000
500 - 600	850	1200

Tabel 15 Tabel Panjang Pipa Pengembangan

Link ID	Length m	Diameter mm
Pipe 17	399,385	152,4
Pipe 18	515,165	152,4
Pipe 22	1264,71	101,6
Pipe 23	1481,71	101,6
Pipe 30	218,505	63,5
Pipe 31	95,925	63,5

1. Pekerjaan Tanah

Volume pekerjaan tanah yang perlu dihitung meliputi galian tanah, urugan pasir, dan urugan tanah. Pipa akan dipasang di pinggir jalan untuk mempermudah proses pengerjaan tanah.

- Volume Galian Tanah Pipa Primer (152,4 mm)

Menghitung volume galian sebagai berikut:

$$\text{Volume galian} = H \times L \times W$$

$$\text{Volume galian} = 0,8 \times (399,4 + 515,2) \times 0,45$$

$$\text{Volume galian} = 0,8 \times 914,6 \times 0,45$$

$$\text{Volume galian} = 329,256 \text{ m}^3$$

- Volume Galian Tanah Pipa Sekunder (101,6 mm)

$$\text{Volume galian} = H \times L \times W$$

$$\text{Volume galian} = 0,8 \times (1264,7 + 1481,7) \times 0,45$$

$$\text{Volume galian} = 0,8 \times 2746,4 \times 0,45$$

$$\text{Volume galian} = 988,704 \text{ m}^3$$

- Volume Galian Tanah Pipa Tersier (63,5 mm)

$$\text{Volume galian} = H \times L \times W$$

$$\text{Volume galian} = 0,7 \times (218,5 + 95,9) \times 0,4$$

$$\text{Volume galian} = 0,7 \times 314,4 \times 0,44$$

$$\text{Volume galian} = 88,03 \text{ m}^3$$

Setelah diameter galian tanah untuk pipa primer, sekunder, dan tersier diketahui, volume pipa dapat dihitung.

2. Volume Pipa

Setelah galian tanah selesai, dilakukan pemasangan pipa, sehingga volume urugan akan lebih kecil daripada volume galian karena adanya pipa yang terpasang. Oleh karena itu, perlu dihitung volume pipa untuk mengetahui urutan perhitungan volume pipa yang tepat.

$$\begin{aligned} \text{Volume Pipa Primer} &= \frac{3,14 \times 0,152^2}{4} \times \\ &914,6 \text{ m} \\ &= 16,587 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Pipa Sekunder} &= \frac{3,14 \times 0,101^2}{4} \\ &\times 2746,4 \text{ m} \\ &= 21,991 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Pipa Tersier} &= \frac{3,14 \times 0,063^2}{4} \times \\ &314,4 \text{ m} \\ &= 0,979 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Volume Urugan Pasir

Setelah pemasangan pipa selesai, galian akan diurug kembali. Sebelum diurug dengan tanah, terlebih dahulu dilakukan pengurugan dengan pasir guna mencegah pipa tidak berkontak langsung dengan tanah keras atau batu dan bertumpu rata secara stabil. Jadi, perlu dihitung volume pengurugan pasir sebelum diurug dengan tanah kembali.

- Urugan Pasir Pipa Primer

$$V \text{ urugan pasir} = (V_{\text{galian}} - V_{\text{pipa primer}}) \times \text{ketebalan pasir}$$

$$V \text{ urugan pasir} = (329,256 - 16,587) \times 0,1$$

$$V \text{ urugan pasir} = 31,266 \text{ m}^3$$

- Urugan Pasir Pipa Sekunder

$$V \text{ urugan pasir} = (V_{\text{galian}} - V_{\text{pipa sekunder}}) \times \text{ketebalan pasir}$$

$$V \text{ urugan pasir} = (988,704 - 21,991) \times 0,1$$

$$V \text{ urugan pasir} = 96,671 \text{ m}^3$$

- Urugan Pasir Pipa Tersier

$$V \text{ urugan pasir} = (V_{\text{galian}} - V_{\text{pipa Tersier}}) \times \text{ketebalan pasir}$$

$$V \text{ urugan pasir} = (88,03 - 0,979) \times 0,1$$

$$V \text{ urugan pasir} = 8,705 \text{ m}^3$$

4. Volume Urugan Tanah

Tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan volume urugan tanah yang diperlukan untuk menutup galian, dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

- Urugan Tanah Pipa Primer

$$V \text{ urugan tanah} = V_{\text{galian}} - (V_{\text{pipa}} + V \text{ urugan pasir})$$

$$V \text{ urugan tanah} = 329,256 - (16,587 + 31,266)$$

$$V \text{ urugan tanah} = 281,402 \text{ m}^3$$

- Urugan Tanah Pipa Sekunder

$$V \text{ urugan tanah} = V_{\text{galian}} - (V_{\text{pipa}} + V \text{ urugan pasir})$$

$$V \text{ urugan tanah} = 988,704 - (21,991 + 96,671)$$

$$V \text{ urugan tanah} = 870,042 \text{ m}^3$$

- Urugan Tanah Pipa Tersier

$$V \text{ urugan tanah} = V_{\text{galian}} - (V_{\text{pipa}} + V \text{ urugan pasir})$$

$$V \text{ urugan tanah} = 88,03 - (0,979 + 8,705)$$

$$V \text{ urugan tanah} = 78,348 \text{ m}^3$$

Berikut adalah hasil perhitungan pekerjaan tanah yang dapat dilihat pada tabel uraian pekerjaan di bawah ini.

Tabel 16 Penamaan Pipa pada masing-masing Diameter Pipa PVC

Uraian Pekerjaan	Satuan	Pipa Primer	Pipa Sekunder	Pipa Tersier
Diameter Pipa	mm	152.4	101.6	63.5
Kedalaman Galian	m	0.8	0.8	0.7
Lebar Galian	m	0.45	0.45	0.4
Tinggi Pasir Dasar	m	0.1	0.1	0.1
Panjang Pipa	m	914.6	2746.4	314.4
Volume Galian	m ³	329.256	988.704	88.032
Volume Pipa	m ³	16.587	21.991	0.979
Volume Urugan Pasir	m ³	31.267	96.671	8.705
Volume Urugan Tanah	m ³	281.402	870.042	78.348

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil proyeksi, jumlah penduduk Desa Purworejo, Kecamatan Tempursari, diperkirakan mencapai 4.194 jiwa pada tahun 2034.

1. Jumlah kebutuhan air bersih di Desa Bulurejo pada tahun 2025 menunjukkan bahwa kebutuhan rata-rata harian sebesar 6,505 liter per detik, kebutuhan harian maksimum sebesar 7,481 liter per detik, serta kebutuhan pada jam puncak mencapai 9,758 liter per detik. Sementara itu, pada tahun 2034 kebutuhan air bersih diproyeksikan mengalami peningkatan, dengan kebutuhan rata-rata harian sebesar 6,990 liter per detik, kebutuhan harian maksimum sebesar 8,039 liter per detik, dan kebutuhan pada jam puncak mencapai 10,485 liter per detik.

2. Hasil evaluasi sistem jaringan distribusi air bersih pada kondisi eksisting tahun 2025 menggunakan *Epanet 2.2* menunjukkan bahwa jaringan terdiri atas 18 node, 19 ruas pipa, dan 1 unit reservoir. Sistem distribusi yang digunakan merupakan jaringan bertipe *branching* (bercabang), dan berdasarkan hasil evaluasi, peta jaringan eksisting dinilai masih layak serta dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pengembangan jaringan selanjutnya.

3. Berdasarkan hasil analisis dan simulasi menggunakan *EPANET 2.2*, jaringan distribusi air bersih Desa Bulurejo, Kecamatan Tempursari tahun 2034 direncanakan tetap menggunakan sistem distribusi bercabang (*branching*) sebagaimana kondisi eksisting. Pengembangan jaringan meliputi penambahan 6 node serta pipa primer sepanjang 914,6 m, pipa sekunder 2.746,4 m, dan pipa tersier 314,4 m, dengan total panjang jaringan 3.975,4 m. Seluruh pipa menggunakan material PVC dengan diameter 6 inci, 4 inci, dan 2,5 inci. Hasil analisis hidraulik menunjukkan energi relatif maksimum 65,28 m dan minimum 59,94 m, dengan kehilangan energi total 0,23 m/km, sehingga jaringan yang

direncanakan telah memenuhi kriteria teknis perencanaan.

Tabel 17 Ringkasan Hasil Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Desa Bulurejo Tahun 2034

No	Parameter Perencanaan	Hasil
1	Tipe jaringan distribusi	Bercabang (Branching)
2	Jumlah node tambahan	6 node
3	Panjang pipa primer	914,6 m
4	Panjang pipa sekunder	2.746,4 m
5	Panjang pipa tersier	314,4 m
6	Total panjang jaringan pipa	3.975,4 m
7	Material pipa	PVC
8	Diameter pipa	6 inci, 4 inci, 2,5 inci
9	Energi relatif maksimum	65,28 m
10	Energi relatif minimum	59,94 m
11	Kehilangan energi total	0,23 m/km
12	Kesesuaian teknis	Memenuhi kriteria perencanaan

5.2 Saran

1. Implementasi dan Pengembangan Jaringan Distribusi
Pengembangan jaringan distribusi air bersih hasil perencanaan hingga tahun 2034 disarankan untuk dapat diimplementasikan secara bertahap oleh pihak terkait dengan mengacu pada hasil pemodelan *Epanet* 2.2, sehingga pemerataan pelayanan air bersih di Desa Bulurejo dapat tercapai secara optimal.
2. Pemeliharaan dan Evaluasi Kinerja Jaringan
Untuk menjaga kinerja sistem distribusi air bersih, disarankan dilakukan pemeliharaan dan evaluasi jaringan secara berkala, khususnya pada pipa dan node distribusi, guna memastikan tekanan, kecepatan aliran, dan kontinuitas pelayanan tetap memenuhi kriteria teknis perencanaan.

3. Evaluasi Berkala terhadap Kebutuhan dan Jaringan

Mengingat adanya pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah, disarankan dilakukan evaluasi berkala terhadap kebutuhan air bersih dan kinerja jaringan distribusi agar sistem yang direncanakan tetap mampu memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Bulurejo sesuai tahun rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azizah, E. N., Noerhayati, E., & Suprpto, B. (n.d.). *STUDI PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI PIPA AIR BERSIH PADA KECAMATAN TULANGAN KABUPATEN SIDOARJO*.
- [2] Badri, A., & Bakhtiar, A. (n.d.). *STUDI EVALUASI DISTRIBUSI AIR BERSIH DESA TEBAS KECAMATAN GONDANGWETAN PASURUAN*.
- [3] Danial, M. M., Djati, D. R., Supriyadi, A., & Rustamadji, R. M. (n.d.). *Perhitungan Kebutuhan AirBaku dan Rekomendasi Pengolahan Air RusunawaUNTAN*.
- [4] Pribadi, G., Hayati, E. N., & Rachmawati, A. (n.d.-a). *PERENCANAAN SISTEM JARINGAN AIR BERSIH PADA PERUMAHAN THE ARAYA CLUSTER JASMINE VALLEY KOTA MALANG*.
- [5] Suryateja, R. A., Noerhayati, E., & Suprpto, B. (n.d.). *Studi Perencanaan Jaringan Perpipa Distribusi Air Bersih Distrik Aimas Kabupaten Sorong menggunakan Software Epanet 2.0*.
- [6] Tafano, B., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (n.d.). *STUDI PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN NGUNUT KABUPATEN TULUNGAGUNG*