

**EVALUASI PEMBANGUNAN JARINGAN PERPIPAAN BERDASARKAN
ANALISIS KEBUTUHAN DAN KETERSEDIAAN AIR
(Studi Kasus: Desa Darsono, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember)
*EVALUATION OF PIPELINE NETWORK DEVELOPMENT BASED ON WATER
NEEDS AND AVAILABILITY ANALYSIS
(Case Study: Darsono Village, Arjasa District, Jember Regency)***

Muhammad Zhulfikar¹⁾, Nanang Saiful Rizal²⁾, Senki Desta Galuh³⁾

¹Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: zfikar1117okt@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: senki.desta@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Permasalahan ketersediaan air bersih yang terbatas dan infrastruktur perpipaan yang belum optimal menjadi tantangan utama bagi Desa Darsono, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember, terutama di Dusun Paddasan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pembangunan jaringan perpipaan melalui analisis kebutuhan air berdasarkan jumlah penduduk dan pola konsumsi, serta ketersediaan air sumber lokal. Metode proyeksi penduduk menggunakan pendekatan aritmatik, geometrik, dan eksponensial dengan hasil memilih metode aritmatik berdasarkan nilai standar deviasi terkecil. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit sumber air baku sebesar 14,62 L/detik cukup memenuhi kebutuhan air bersih rata-rata pada proyeksi tahun 2033 sebesar 3,104 L/detik. Penggunaan pipa HDPE dengan diameter 5 dan 6 inci serta sistem jaringan teroptimasi memberikan peningkatan efisiensi distribusi air. Studi ini juga menyoroti pentingnya pemeliharaan infrastruktur dan peran masyarakat dalam keberlangsungan pengelolaan air bersih.

Kata Kunci: Kebutuhan Air, Ketersediaan Air, Jaringan Perpipaan, Desa Darsono.

Abstract

The problem of limited clean water availability and suboptimal piping infrastructure is a major challenge for Darsono Village, Arjasa District, Jember Regency, especially in Paddasan Hamlet. This study aims to evaluate the development of the piping network through an analysis of water needs based on population size and consumption patterns, as well as the availability of local water sources. The population projection method uses arithmetic, geometric, and exponential approaches with the selection of the arithmetic method based on the smallest standard deviation value. The analysis results show that the raw water source discharge of 14.62 L/second is sufficient to meet the average clean water need in the 2033 projection of 3,104 L/second. The use of HDPE pipes with a diameter of 5 and 6 inches and an optimal network system provides increased water distribution efficiency. This study also highlights the importance of infrastructure maintenance and the role of the community in the sustainability of clean water management.

Keywords: Water Needs, Water Availability, Pipeline Network, Darsono Village.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem, dengan ketersediaan di Indonesia yang dipengaruhi oleh faktor iklim tropis seperti curah hujan, topografi, dan penggunaan lahan (Desti, I., & Ula, 2021). Desa Darsono, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember, yang mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani, menghadapi tantangan dalam pengelolaan air bersih dan irigasi akibat pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi. Sistem perpipaan berperan penting dalam distribusi air, namun efisiensi distribusi sering terganggu oleh infrastruktur tua dan kebocoran. Pendekatan perencanaan harus komprehensif, mempertimbangkan aspek teknis, sosial, dan lingkungan untuk menghindari kekurangan air, pemborosan, dan dampak ekosistem buruk (I. M. Darmasetiawan, 2025). Penelitian ini fokus pada analisis kebutuhan dan ketersediaan air di Desa Darsono dengan implementasi pipa berkualitas untuk meningkatkan efisiensi dan akses air bersih.

Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah minimnya akses air bersih akibat jarak jauh dari sumber, populasi yang bertambah, dan infrastruktur perpipaan yang tidak efisien. Solusi yang diusulkan meliputi penggantian pipa dengan diameter lebih besar, revitalisasi sumber mata air, pembangunan bangunan penangkap air, serta keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air. Implementasi sistem ini diharapkan menurunkan angka penyakit terkait sanitasi dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat (I. Arsana & Astiti, 2023).

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih didefinisikan sebagai jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi berbagai aktivitas manusia sehari-hari, yang terbagi dalam dua klasifikasi utama, yaitu kebutuhan domestik (rumah tangga) dan non-domestik (Mufidah, 2022). Kebutuhan domestik mencakup penggunaan air untuk minum, memasak, mandi, mencuci, serta keperluan rumah tangga lainnya, sementara

kebutuhan non-domestik meliputi penggunaan air untuk aktivitas industri, pertanian, dan fasilitas umum. Air bersih harus memenuhi standar kualitas tertentu agar aman digunakan, termasuk parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi, sesuai dengan standar nasional dan rekomendasi internasional seperti WHO (Mahu & Tetelepta, 2025). Pentingnya ketersediaan air bersih yang cukup tidak hanya terkait dengan kesehatan masyarakat, namun juga berperan penting dalam menunjang kelangsungan aktivitas ekonomi dan sosial di suatu wilayah. Oleh karena itu, perencanaan penyediaan air bersih wajib mempertimbangkan proyeksi jumlah penduduk dan pola konsumsi air guna menjamin ketersediaan air yang berkelanjutan dan memadai untuk memenuhi kebutuhan tersebut secara efektif (Samadhi, 2024).

B. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi penduduk adalah perhitungan ilmiah yang mempertimbangkan tiga komponen utama laju pertumbuhan, yaitu kelahiran, kematian, dan migrasi, yang menentukan jumlah serta struktur umur penduduk di masa depan (Samadhi, 2024). Penyusunan proyeksi memerlukan data tren historis, faktor-faktor pengaruh, dan hubungan antar komponen, serta target demografis yang hendak dicapai. Proyeksi ini juga mempertimbangkan laju pertumbuhan wilayah, kebijakan tata guna lahan, dan ketersediaan ruang (Maisarah et al., 2025). Dalam konteks perencanaan kebutuhan air bersih, proyeksi penduduk selama periode 10 tahun menjadi aspek penting, di mana metode statistik dianggap sebagai pendekatan paling tepat untuk memperkirakan perkembangan jumlah penduduk secara akurat dan berkelanjutan (Azhari, 2023). Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisa perkembangan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu:

1. Metode Aritmatik

Metode aritmatik merupakan proyeksi jumlah penduduk yang mengasumsikan pertambahan penduduk berlangsung secara konstan setiap tahun, sehingga pertumbuhan bersifat linear (Diani et al., 2024). Metode ini

umum diterapkan pada wilayah dengan laju pertumbuhan penduduk rendah atau relatif stabil, yaitu di bawah 2% per tahun. Persamaan yang digunakan adalah :

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

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

Dengan :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk awal

P_t = jumlah penduduk pada tahun t (jiwa)

r = laju pertumbuhan penduduk per tahun (%)

t = periode waktu dalam tahun

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2. Metode Geometrik

Metode geometrik merupakan proyeksi jumlah penduduk yang mengasumsikan pertumbuhan majemuk dengan laju pertumbuhan konstan setiap tahun, sehingga jumlah penduduk bertambah secara eksponensial (Ramadhani & Siagian, 2024). Metode ini sesuai untuk wilayah dengan pertumbuhan penduduk yang stabil dan berkelanjutan. Persamaan yang digunakan adalah :

$$P_n = P_0(1 + r)^n \dots\dots\dots (3)$$

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

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_t = jumlah penduduk pada tahun t (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t

3. Metode Eksponensial

Metode eksponensial adalah teknik proyeksi jumlah penduduk yang menggambarkan pertumbuhan kontinu dan bertahap sepanjang waktu dengan menggunakan bilangan eksponensial (basis e), sehingga pertambahan penduduk tidak hanya terjadi pada interval tertentu tetapi secara terus-menerus (Pertiwi, 2021). Metode ini paling tepat digunakan pada wilayah dengan laju

pertumbuhan penduduk sekitar 2% per tahun atau lebih, di mana pertambahan penduduk dihitung berdasarkan persentase pertumbuhan yang konstan setiap tahun. Persamaan yang digunakan adalah :

$$P_t = P_0 \times e^{r \cdot n} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

P_t = jumlah penduduk pada tahun ke-t

P_0 = jumlah penduduk awal (tahun dasar)

r = laju pertumbuhan penduduk per tahun (dalam desimal)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

e = bilangan pokok logaritma natural, sekitar 2,718.

C. Sistem Distribusi Air Baku

Sistem distribusi air bersih merupakan jaringan perpipaan dan fasilitas pendukung yang berfungsi menyalurkan air dari sumber atau reservoir langsung ke konsumen dengan memenuhi syarat teknis seperti tekanan air, keberadaan hidran kebakaran, sistem pompa, dan bangunan penampungan (Suhastra, 2022). Sistem ini dapat dirancang dengan pola cabang (*branch system*) atau melingkar (*loop system*), di mana sistem melingkar menawarkan tekanan lebih stabil dan distribusi yang merata (Dairi, 2022). Pengaliran air dalam sistem distribusi dapat menggunakan tiga metode utama:

1. Sistem gravitasi

Sistem gravitasi memanfaatkan perbedaan elevasi untuk mengalirkan air tanpa energi tambahan pompa, efisien digunakan jika sumber air berada di ketinggian lebih tinggi (Herwindo & Rahmandani, 2018).

2. Sistem Pemompaan

Sistem pemompaan menggunakan pompa untuk mengalirkan air ketika sumber pada elevasi yang sama atau lebih rendah dari wilayah pelayanan (Anwar, 2017).

3. Sistem Kombinasi

Sistem kombinasi mengintegrasikan kedua metode tersebut, memungkinkan suplai air yang fleksibel dan efisien melalui pemompaan langsung dan aliran gravitasi dari reservoir, sehingga menyesuaikan dengan variasi topografi dan kebutuhan konsumsi serta

menjaga kestabilan tekanan air dalam jaringan distribusi (Jaya et al., 2024).

D. Program Epanet 2.0

EPANET adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Divisi Pasokan Air dan Sumber Daya Air USEPA untuk mensimulasikan perilaku hidrolik dan kualitas air dalam jaringan pipa bertekanan (M. Darmasetiawan & Bangsa, 2025). Perangkat ini menyediakan lingkungan integratif untuk pengeditan data input, pelaksanaan simulasi, serta visualisasi hasil melalui peta jaringan berkode warna, tabel, grafik temporal, dan plot kontur, guna meningkatkan pemahaman tentang aliran dan distribusi air minum dalam sistem distribusi.

E. Bangunan Sumber Air Baku

Bangunan sumber air baku adalah struktur yang dibangun di sumber air seperti sungai atau mata air untuk mengambil, menampung, dan mengalirkan air baku ke instalasi pengolahan secara andal dan kontinu, guna memastikan kuantitas dan kualitas air sesuai standar yang akan disalurkan ke konsumen (Rahmatanti & Sholikhah, 2024).

1. Bangunan Penangkap Air (Broncaptering)

Konstruksi khusus yang dirancang untuk menangkap dan melindungi air baku dari mata air dengan menggunakan beton semen dan bahan penyaring seperti ijuk dan kerikil guna menjaga kualitas air dari kontaminan (Rachman et al., 2025). Berbeda dengan intake yang menangkap air permukaan, broncaptering fokus pada air bawah tanah yang muncul ke permukaan. Bangunan ini biasanya dilengkapi dengan bak penampung, katup, dan sistem pemompaan untuk mendistribusikan air ke jaringan distribusi secara optimal.

2. Bak Penampung (Reservoir)

Struktur penyimpanan sementara air bersih yang telah memenuhi standar kualitas, digunakan untuk menjamin distribusi air yang kontinu dan stabil kepada konsumen (AKBAR, 2022). Reservoir biasanya ditempatkan pada lokasi strategis dengan elevasi lebih tinggi untuk memanfaatkan gravitasi dalam distribusi, serta dirancang agar air terlindung dari

kontaminasi. Kapasitas reservoir disesuaikan dengan kebutuhan wilayah pelayanan, berkisar dari puluhan hingga ribuan meter kubik.

F. Faktor Efisiensi Sistem Perpipaan

Faktor efisiensi sistem perpipaan adalah parameter yang menggambarkan sejauh mana sistem perpipaan dapat mengoptimalkan distribusi air dengan meminimalkan kehilangan tekanan, kebocoran, dan energi yang digunakan (I. I. G. N. K. Arsana et al., 2024). Efisiensi ini dipengaruhi oleh desain jaringan, pemilihan diameter dan material pipa, kondisi operasional, serta pemeliharaan yang baik. Faktor ini penting untuk memastikan distribusi air yang lancar, stabil, dan berkelanjutan dengan biaya dan sumber daya yang optimal (Ambarwati et al., 2024).

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi terletak di Kabupaten Jember, Kecamatan Arjasa, Dusun Paddasan, Desa Darsono dengan titik koordinat $8^{\circ} 5'18.87''\text{S}$ - $113^{\circ}42'48.68''\text{E}$.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth, 2025

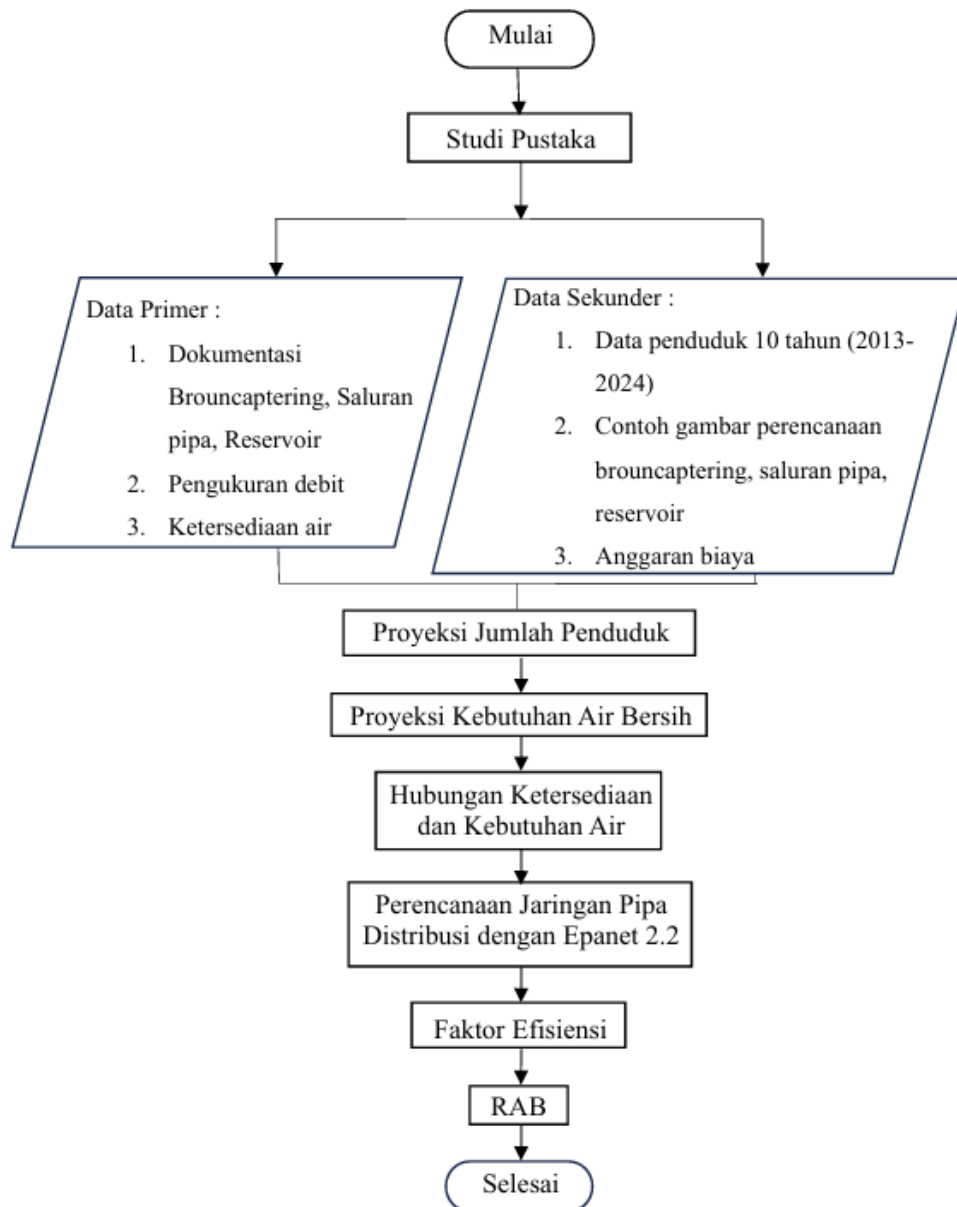


Gambar 2. Kondisi Eksisting
Sumber : Data Pribadi, 2025

B. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini tentunya memiliki beagam metode. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif, diantaranya Metode

aritmatik, metode geometrik, metode eksponensial. Sumber yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Berikut merupakan diagram alir penelitian dicuplikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rencana konsep penelitian
 Sumber : Data Penelitian, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan menggunakan tiga metode, yaitu aritmatik,

eksponensial, dan geometrik. Hasil dari masing-masing metode diuji kesesuaiannya dengan metode standar deviasi dan koefisien korelasi, di mana metode yang dipilih adalah yang memiliki nilai standar deviasi terkecil dan

koefisien korelasi mendekati 1. Sesuai Permen PU No. 18/PRT/M2007 tentang Pengembangan SPAM, proyeksi penduduk dilakukan untuk jangka waktu 10 hingga 20 tahun ke depan. Studi ini melakukan proyeksi penduduk selama 10 tahun, mulai tahun 2024 hingga 2033, dengan menghitung rasio pertambahan penduduk berdasarkan data jumlah penduduk Desa Darsono, Dusun Paddasan, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember dari tahun 2014 hingga 2023.

Tabel 1. Presentase Laju Pertumbuhan Penduduk Dusun Paddasan 10 Tahun

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Tahunan Jiwa	%
2014	1868		
2015	1869	1	0.001
2016	1869	0	0.000
2017	1869	0	0.000
2018	1908	39	0.021
2019	1909	1	0.001
2020	1910	1	0.001
2021	1910	0	0.000
2022	1880	-30	-0.016
2023	1883	3	0.002
Rerata			0.001

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- $r = \text{jumlah penduduk (2015)} - \text{jumlah penduduk tahun (2014)}$
 $= 1869 - 1868$
 $= 1$
- $r (\%) = r / \text{jumlah penduduk (2014)}$
 $= 1 / 1868$
 $= 0.001 \%$

Selanjutnya, dalam proses pemilihan metode yang akan digunakan untuk menghitung kebutuhan air, langkah penting yang diambil adalah melakukan analisis terhadap variabilitas data dari kedua metode yang digunakan. Salah satu cara untuk mengukur tingkat penyebaran atau ketidakteraturan data tersebut adalah dengan menghitung nilai standar deviasi atau simpangan baku. Hasil perhitungan standar deviasi ini memberikan gambaran seberapa besar perbedaan nilai kebutuhan air yang diperoleh dari masing-masing metode,

sehingga dapat menjadi dasar yang objektif dalam menentukan metode mana yang lebih konsisten dan akurat untuk diaplikasikan dalam perencanaan sistem distribusi air. Berikut akan disajikan hasil perhitungan standar deviasi tersebut sebagai bagian dari evaluasi metode yang diterapkan.

Tabel 2. Standar Deviasi dan Koefisien Korelasi

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Metode Aritmatik	Metode Geometrik	Metode Eksponensial
2014	1868	1885	1885	1885
2015	1869	1886	1886	1886
2016	1869	1886	1886	1886
2017	1869	1886	1886	1886
2018	1908	1926	1926	1926
2019	1909	1927	1927	1927
2020	1910	1928	1928	1928
2021	1910	1928	1928	1928
2022	1880	1897	1897	1898
2023	1883	1900	1901	1901
Standar Deviasi		18.551	18.552	18.552
Koefisien Korelasi		0.176	0.176	0.176

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2 maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil adalah metode aritmatik dengan hasil proyeksi 18.551. Metode proyeksi penduduk dengan nilai standar deviasi terkecil akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih. Namun, metode proyeksi yang mempunyai nilai korelasi terbesar tidak mencapai nilai yang mendekati +1. Oleh karena itu, metode proyeksi penduduk dengan nilai koefisien korelasi tidak dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih.

B. Ketersediaan Air Baku dan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air domestik diambil 120 liter per orang per hari sesuai (SNI 19-6728.1-2002). Jumlah kebutuhan air domestik penduduk Desa Darsono, Dusun Paddasan, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember dijelaskan pada perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Tahun 2024} &= 1885 \times 120 \text{ l/org/hari} \\
 &= 226237 \text{ l/hari} \times 86400 \text{ detik} \\
 &= 2.618 \text{ l/detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Kebutuhan Air Domestik

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Domestik (l/detik)
2024	1885	2.618
2025	1886	2.620
2026	1886	2.620
2027	1886	2.620
2028	1926	2.675
2029	1927	2.676
2030	1928	2.677
2031	1928	2.677
2032	1897	2.635
2033	1900	2.640

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan persentase tertentu yaitu nilai 15% yang didapatkan dari kebutuhan air domestik untuk perhitungan kebutuhan standar di wilayah perbukitan. Perhitungan kebutuhan air non domestik sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2024} &= Q_d \times S_n \\ &= 2.618 \times 0.15 = 0.393 \text{ l/detik}\end{aligned}$$

Tabel 4. Kebutuhan air non domestik

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Non Domestik (l/detik)
2024	1885	0.393
2025	1886	0.393
2026	1886	0.393
2027	1886	0.393
2028	1926	0.401
2029	1927	0.401
2030	1928	0.402
2031	1928	0.402
2032	1897	0.395
2033	1900	0.396

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Kehilangan air disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi. Dapat dihitung dengan cara selisih antara jumlah air yang diproduksi dan masuk ke dalam

sistem distribusi dengan jumlah air yang benar-benar terpakai dan terbayar oleh konsumen. kehilangan air dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2024} &= 260173 - 5910 \\ &= 254263 \text{ l/hari} \times 86400 \text{ detik} \\ &= 2.943 \text{ l/detik}\end{aligned}$$

Tabel 5. Kehilangan Air

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kehilangan Air (l/detik)
2024	1885	2.943
2025	1886	2.944
2026	1886	2.944
2027	1886	2.944
2028	1926	3.007
2029	1927	3.009
2030	1928	3.011
2031	1928	3.011
2032	1897	2.962
2033	1900	2.967

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Kebutuhan air total penjumlahan dari seluruh kebutuhan air yang harus dipenuhi. Kebutuhan air total dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2024} &= 2.618 + 0.393 + 2.943 \\ &= 3.011 \text{ l/detik}\end{aligned}$$

Tabel 6. Kebutuhan Air Total

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Total (l/detik)
2024	1885	3.011
2025	1886	3.013
2026	1886	3.013
2027	1886	3.013
2028	1926	3.076
2029	1927	3.077
2030	1928	3.079
2031	1928	3.079
2032	1897	3.031
2033	1900	3.035

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Kebutuhan air rata-rata jumlah air yang diperlukan setiap hari yang mencakup seluruh kebutuhan air domestik, non domestik, dan kehilangan air. kebutuhan air rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Tahun 2024} = (2.618 + 0.393) + (1 + 0.02) \\ = 3.080 \text{ l/detik}$$

Tabel 7. Kebutuhan air rata-rata

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Rata-rata (l/detik)
2024	1885	3.080
2025	1886	3.081
2026	1886	3.081
2027	1886	3.081
2028	1926	3.146
2029	1927	3.147
2030	1928	3.149
2031	1928	3.149
2032	1897	3.099
2033	1900	3.104

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Kebutuhan air maksimum lebih tinggi dibanding kebutuhan rata-rata harian karena adanya fluktuasi penggunaan air. Kebutuhan air rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Tahun 2024} = 1.15 \times 3.080 = 3.542 \text{ l/detik}$$

Tabel 8. Kebutuhan air maksimum

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Maksimum (l/detik)
2024	1885	3.542
2025	1886	3.543
2026	1886	3.543
2027	1886	3.543
2028	1926	3.617
2029	1927	3.619
2030	1928	3.621
2031	1928	3.621
2032	1897	3.564
2033	1900	3.570

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Kebutuhan jam puncak air tertinggi yang terjadi pada jam-jam tertentu dalam satu hari, biasanya pada jam sibuk seperti pagi hari saat banyak aktivitas rumah tangga berlangsung. Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (1994 dan 2000), nilai faktor jam puncak standar adalah sekitar 1,5. Kebutuhan air rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Tahun 2024} = 1.5 \times 3.080 = 5.312 \text{ l/detik}$$

Tabel 9. Kebutuhan Air Jam Puncak

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Jam Puncak (l/detik)
2024	1885	5.312
2025	1886	5.315
2026	1886	5.315
2027	1886	5.315
2028	1926	5.426
2029	1927	5.429
2030	1928	5.432
2031	1928	5.432
2032	1897	5.347
2033	1900	5.355

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

C. Hubungan Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air bersih rata-rata pada tahun 2033 yaitu sebesar 3.104 l/dt. Tersedianya debit sebesar 14.62 l/dt. Oleh karena itu, kebutuhan untuk dusun Paddasan bisa terpenuhi. Dengan potensi debit sebesar 14.62 l/dt masih bisa dilakukan pengembangan jaringan distribusi air bersih ke desa desa lainnya. Dibawah ini adalah tabel dan grafik kebutuhan dan ketersediaan air dapat dilihat pada tabel 10. gambar 4.

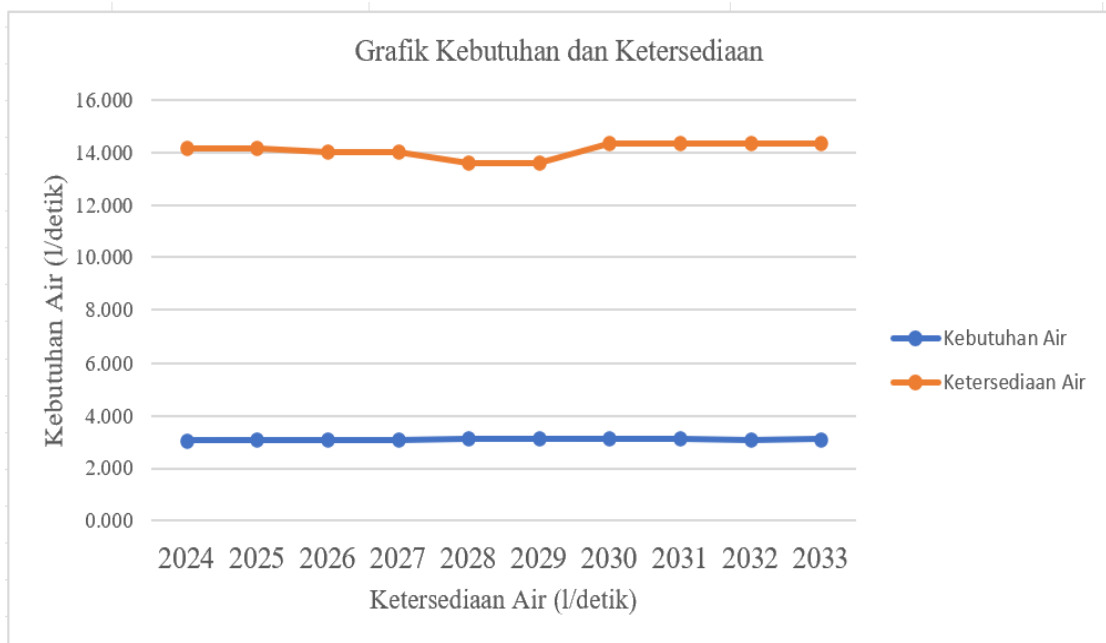
Tabel 10. Hubungan dan Ketersediaan Air

Tahun	Nilai Faktor Efisiensi	Debit Kebutuhan Air (l/detik)	Debit Ketersediaan Air (l/detik)
2024	0.45	3.080	14.17
2025	0.45	3.081	14.17
2026	0.6	3.081	14.02

Tahun	Nilai Faktor Efisiensi	Debit Kebutuhan Air	Debit Ketersediaan Air
		(l/detik)	(l/detik)
2027	0.6	3.081	14.02
2028	1	3.146	13.62
2029	1	3.147	13.62
2030	0.26	3.149	14.36

Tahun	Nilai Faktor Efisiensi	Debit Kebutuhan Air	Debit Ketersediaan Air
		(l/detik)	(l/detik)
2031	0.26	3.149	14.36
2032	0.26	3.099	14.36
2033	0.26	3.104	14.36

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 4. Grafik Kebutuhan dan Ketersediaan Air
 Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

D. Bangunan Penangkap Air Baku (Broncaptering)

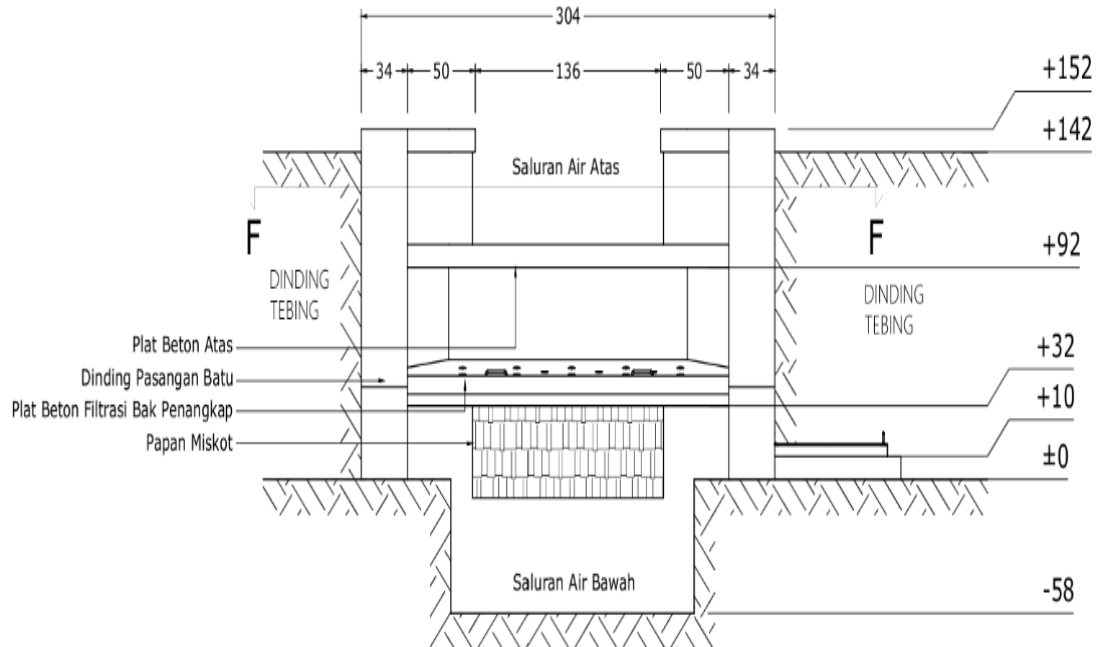
Perencanaan ini mencakup konstruksi broncaptering yang akan mengambil sumber air dari mata air di Sungai Dusun Paddasan. Mata air tersebut memiliki debit sesaat sekitar 14,62 liter per detik pada kondisi normal tanpa adanya hujan. Lokasi broncaptering berada pada elevasi kurang lebih 350 meter di atas permukaan laut, sehingga memungkinkan pemanfaatan gravitasi untuk membantu aliran air menuju jaringan distribusi. Pembangunan broncaptering ini dirancang dengan tujuan mengamankan pasokan air baku yang stabil dan berkelanjutan untuk kebutuhan masyarakat di sekitar wilayah tersebut.

Selain itu, rencana juga melibatkan pembuatan bak penampung atau reservoir yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan air sebelum didistribusikan ke jaringan layanan. Bak penampung ini akan berperan penting dalam menjaga kestabilan suplai air, terutama saat terjadi fluktuasi debit atau kebutuhan yang meningkat. Dengan adanya fasilitas penyimpanan tersebut, distribusi air dapat berjalan lebih lancar dan efisien, sekaligus memastikan ketersediaan air yang cukup pada tiap titik pelayanan di Dusun Paddasan.

Untuk mendukung kelancaran operasional sistem distribusi air, juga direncanakan pemasangan jaringan pipa yang menghubungkan broncaptering dan bak penampung dengan titik-titik pelayanan di Dusun Paddasan. Pemilihan material pipa serta

desain jaringan mempertimbangkan faktor tekan dan kehilangan beban agar aliran air dapat mengalir dengan optimal. Selain itu, perencanaan ini juga mengakomodasi

kemungkinan perluasan jaringan di masa depan sesuai dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan kebutuhan air yang meningkat.



Gambar 5. Tampak Depan Broncaptering
 Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

E. Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

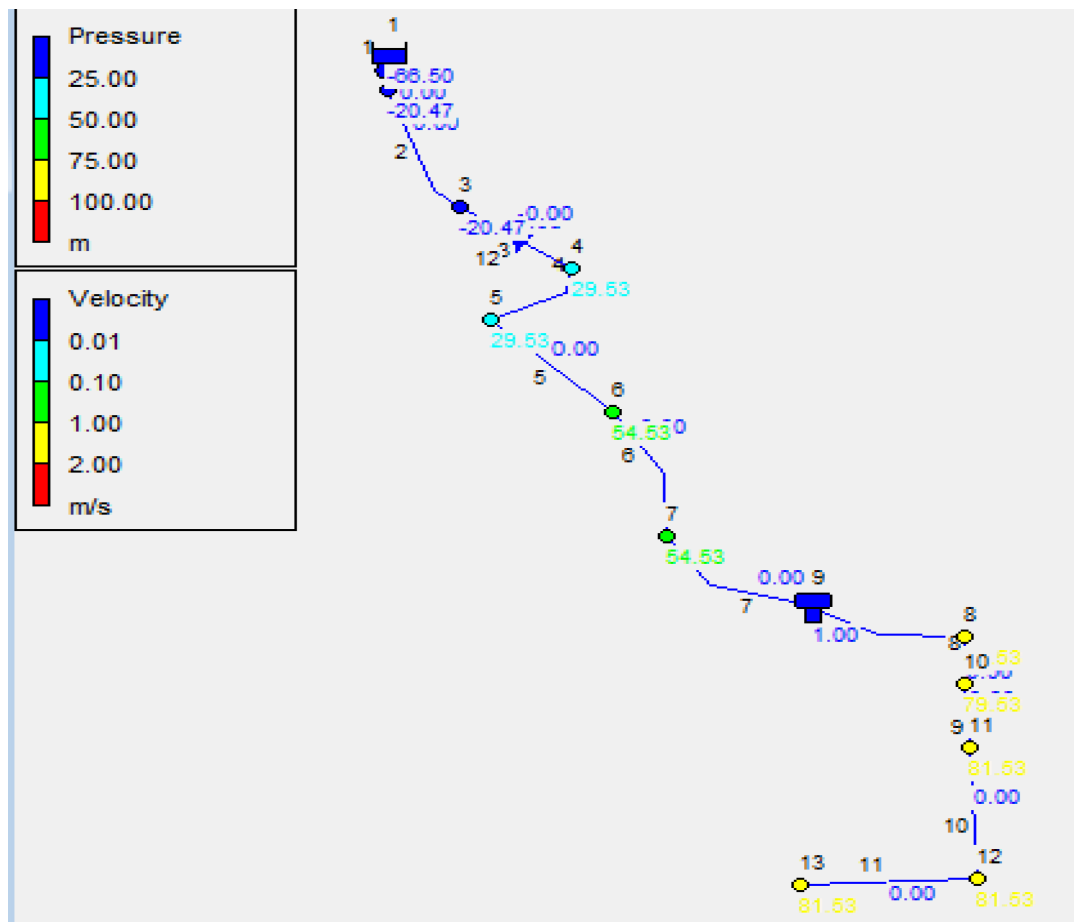
Dalam perencanaan sistem jaringan distribusi di Dusun Paddasan, data hasil pengukuran lapangan mengenai posisi node pelayanan, jarak antar node, dan elevasi masing masing node digunakan sebagai input utama. Bersama dengan proyeksi penduduk dan kebutuhan air di tiap node, data ini menjadi dasar untuk menentukan diameter pipa melalui simulasi menggunakan program Epanet 2.2, yang direncanakan untuk dua kondisi operasional. Simulasi tersebut bertujuan untuk menguji kehandalan serta efisiensi jaringan, sehingga sistem distribusi air yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan dan andal.

1. Jaringan Pipa Kondisi Eksisting

Jaringan perpipaan induk yang ada di lapangan saat ini menggunakan pipa sesuai standar SNI S-12.5 dengan tipe move ukuran 3 inci, serta pipa transmisi PVC kelas AW dengan

diameter 3 inci. Pemilihan pipa PVC kelas AW ini didasarkan pada keunggulannya dalam menahan tekanan air yang cukup tinggi, yaitu sampai dengan sekitar 10 kg/cm² atau 10 bar. Tekanan ini sudah memenuhi kebutuhan operasional jaringan distribusi air, sehingga sistem dapat berjalan dengan andal tanpa risiko pipa pecah atau bocor akibat tekanan berlebih selama masa pemakaian.

Selain kemampuan menahan tekanan tersebut, pipa PVC AW juga memiliki kelebihan lain yang sangat mendukung keawetan dan kinerja jaringan perpipaan. Pipa ini tahan terhadap korosi dan karat, yang sering menjadi masalah pada pipa logam terutama jika terpasang di bawah tanah atau di lingkungan lembap. Selain itu, berat pipa PVC relatif ringan, sehingga memudahkan proses instalasi dan pengangkutan di lapangan. Pipa ini juga tahan terhadap benturan fisik, baik saat pemasangan maupun ketika beroperasi di lingkungan luar ruangan.



Gambar 6. Jaringan Pipa Kondisi Eksisting
 Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Analisis yang dilakukan pada jalur pipa yang melayani wilayah di Dusun Paddasan berdasarkan hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 11. dan Tabel 12.

Tabel 11. Parameter Link ID Jaringan Air Kondisi Eksisting

Link ID	Length	Diameter	Flow	Velocity	Unit Headloss
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Pipe 2	907.89	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 3	751.74	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 4	620.25	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 6	1000	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 7	1000	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 5	913.68	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 8	1000	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 9	1000	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 10	1000	76.20	0.00	0.00	0.00
Pipe 11	1000	76.20	0.00	0.00	0.00
Pump 1	#N/A	#N/A	0.00	0.00	0.00
Valve 12	#N/A	73.60	0.00	0.00	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 12. Nilai Node ID Jaringan Air Kondisi Eksisting

Node ID	Elevation	Demand	Head	Pressure
	M	LPS	m	M
Junc 2	300	0.00	345.09	45.09
Junc 3	300	0.00	345.09	45.09
Junc 4	250	0.00	345.09	95.09
Junc 5	250	0.00	345.09	95.09
Junc 6	225	0.00	345.09	120.09
Junc 7	225	0.00	345.09	120.09
Junc 8	200	0.00	345.09	145.09
Junc 10	200	0.00	345.09	145.09
Junc 11	198	0.00	345.09	147.09
Junc 12	198	0.00	345.09	147.09
Junc 13	198	0.00	345.09	147.09
Resvr 1	350	0.00	350	0.00
Tank 9	225	0.00	226	1.00

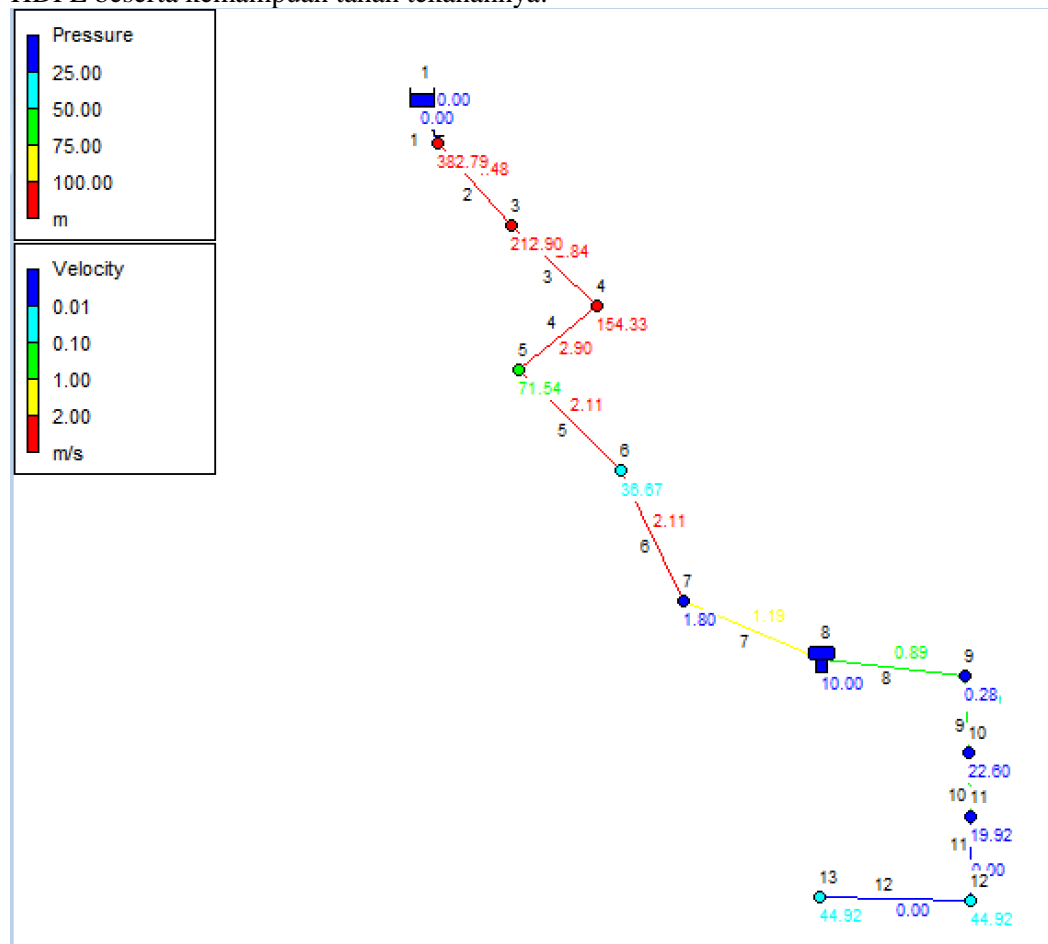
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

2. Jaringan Pipa Optimasi

Pipa distribusi ini menggunakan jaringan perpipaan induk menggunakan pipa HPDE ukuran diameter 6" dan 5" dan menggunakan pipa transmisi PVC AW diameter 3". Pipa HDPE (High-Density Polyethylene) memiliki kemampuan menahan tekanan air yang bervariasi sesuai dengan kelas tekanan (*Pressure Number*). Pipa ini juga unggul dalam ketahanan terhadap korosi, bersifat ringan, fleksibel, dan tahan benturan. Untuk kinerja optimal, pipa direkomendasikan digunakan pada suhu sekitar 20°C, sementara suhu air di atas 60°C sebaiknya dihindari karena dapat menurunkan kualitas dan umur pakainya.

Berikut adalah beberapa kelas tekanan pipa HDPE beserta kemampuan tahan tekanannya:

- PN 6,3: Tahan tekanan hingga 6,3 bar (kg/cm²), dengan dinding pipa paling tipis, biasanya untuk aliran air bertekanan rendah.
- PN 8: Tahan tekanan hingga 8 bar, untuk saluran air bertekanan rendah.
- PN 10: Tahan tekanan hingga 10 bar, kelas ini paling umum digunakan untuk distribusi air bersih bertekanan sedang.
- PN 12,5: Tahan tekanan hingga 12,5 bar, cocok untuk saluran air di daerah perkotaan atau kontur tanah sulit.
- PN 16: Tahan tekanan hingga 16 bar, dengan dinding pipa paling tebal, digunakan untuk saluran air bertekanan tinggi, termasuk yang siap konsumsi.



Gambar 7. Jaringan Pipa Optimasi
Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Analisis yang dilakukan pada jalur pipa ini didasarkan pada hasil pengukuran yang telah

dilakukan sebelumnya. Data pengukuran tersebut kemudian disajikan secara terperinci

dalam sebuah Tabel 13. dan Tabel 14. Dengan menggunakan tabel tersebut, analisis dapat dilakukan secara sistematis untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas dan akurat mengenai kondisi jalur pipa yang sedang diteliti.

Tabel 13. Parameter Link ID Jaringan Air Optimasi

Link ID	Length m	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km
Pipe 2	1000	152.4	81.76	4.48	194.88
Pipe 3	1000	152.4	51.76	2.84	83.58
Pipe 4	1000	127	36.76	2.90	107.79
Pipe 5	1000	127	26.76	2.11	59.87
Pipe 6	1000	127	26.76	2.11	59.87
Pipe 7	1000	152.4	21.76	1.10	16.80
Pipe 8	1000	152.4	16.20	0.89	9.72
Pipe 9	1000	127	5.00	0.39	2.68
Pipe 10	1000	127	5.00	0.39	2.68
Pipe 11	1000	152.4	0.00	0.00	0.00
Pipe 12	1000	152.4	0.00	0.00	0.00
Pump 1	#N/A	#N/A	121.76	0.00	-332.79

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 14. Nilai Node ID Jaringan Air Optimasi

Node ID	Elevation	Demand	Head	Pressure
	M	LPS	m	M
Junc 2	300	40.00	682.79	382.79
Junc 3	275	30.00	487.9	212.9
Junc 4	250	15.00	404.33	154.33
Junc 5	225	10.00	296.54	71.54
Junc 6	200	0.00	236.67	36.67
Junc 7	175	5.00	176.8	1.8
Junc 9	150	11.20	150.28	0.28
Junc 10	125	0.00	147.6	22.6
Junc 11	125	5.00	144.92	19.92
Junc 12	100	0.00	144.92	44.92
Junc 13	100	0.00	144.92	44.92
Resvr 1	350	-121.76	350.00	0.00
Tank 8	150	5.56	160.00	10.00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian perencanaan jaringan perpipaan di Dusun Paddasan, Desa Darsono, Kecamatan Arjasa menunjukkan bahwa :

1. Kebutuhan air domestik, non-domestik, serta kehilangan air telah dianalisis secara komprehensif untuk menjamin efisiensi distribusi.

2. Debit sumber air sebesar 14,62 L/detik mencukupi kebutuhan rata-rata yang diproyeksikan mencapai 3,104 L/detik pada tahun 2033, sehingga mendukung kebutuhan saat ini dan perluasan jaringan ke wilayah lain.
3. Efisiensi sistem perpipaan dipengaruhi oleh kondisi fisik pipa, faktor hidraulik, kebocoran, serta aspek operasional dan manajemen, yang semuanya harus diperhatikan untuk mengoptimalkan distribusi air.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan :

1. Studi lanjutan terkait kualitas air baku dan analisis dampak lingkungan guna menjamin distribusi air yang aman dan berkelanjutan.
2. Pemeliharaan rutin serta penggantian pipa tua juga diperlukan untuk mengurangi kebocoran dan meningkatkan efisiensi sistem perpipaan.
3. Ketersediaan debit air yang memadai memungkinkan pengembangan jaringan distribusi ke wilayah lain yang membutuhkan akses air bersih.

6. DAFTAR PUSTAKA

- AKBAR, F. (2022). *ANALISIS KUALITAS AIR BERSIH PELANGGAN PADA ZONA 145 PDAM WAY RILAU BANDAR LAMPUNG TAHUN 2022*. Poltekkes Tanjungkarang.
- Ambarwati, R., Nugroho, W., Sulistiyowati, W., & Kusno, K. (2024). *Manajemen Operasional Utilitas Air Minum Perpipaan Dalam Pengendalian Non-Revenue Water*. *Umsida Press*, 1–152.
- Anwar, A. (2017). Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kawasan Perumahan Green Kemiling Kecamatan Kemiling. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 2(1), 25–42.
- Arsana, I., & Astiti, S. P. C. (2023). *Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat*. Kaizen Media Publishing.
- Arsana, I. I. G. N. K., Yekti, M. I., & Jaya, E. N. M. P. (2024). *SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM DAN INFRASTRUKTUR*.

Penerbit Widina.

- Azhari, B. (2023). *Pendekatan Model Matematika Cohort-Component Population Projection dan Hydrological Model Untuk Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Sumber Daya Air*.
- Dairi, R. H. (2022). Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan Air Bersih Di Kecamatan Mawasangka Timur Kabupaten Buton Tengah. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 11(1), 9–17.
- Darmasetiawan, I. M. (2025). *Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum*. PT KIMHSAFI ALUNG CIPTA.
- Darmasetiawan, M., & Bangsa, U. P. (2025). *SISTEM PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR-978-623-8689-52-1* (Issue June).
- Desti, I., & Ula, A. (2021). *Analisis Sumber Daya Alam Air*. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia*.
<https://jurnal.uns.ac.id/jsei/article/view/70900>.
- Diani, M. R., Haniifah, D., & Dianty, F. R. (2024). Analisis proyeksi pertumbuhan penduduk dan volume sampah DKI Jakarta terhadap dampak yang ditimbulkan. *Journal of Waste and Sustainable Consumption*, 1(1), 27–45.
- Herwindo, W., & Rahmandani, D. (2018). Kajian rancangan irigasi pipa sistem gravitasi. *Jurnal Irigasi*, 8(2), 126–137.
- Jaya, I. E. E., Press, T. U., Pertama, C., & Km, J. P. D. (2024). Pengembangan sumber daya air. *Brebes: Universitas Muhadi Setiabudi*.
- Mahu, J., & Tetelepta, E. G. (2025). Analisis Kuantitas dan Kualitas Air Bersih Wijk Jambu Manis Negeri Wakal Maluku Tengah. *Jurnal Geografi, Lingkungan Dan Kesehatan*, 3(1), 44–54.
- Maisarah, S., Mulyadi, A., & Ikhsanuddin, R. M. (2025). RANCANGAN MODEL SISTEM DINAMIS DALAM MEMPERKIRAKAN JUMLAH PENDUDUK DIMASA DEPAN STUDI KASUS KABUPATEN KEBUMEN. *Journal of Data Science Theory and Application*, 4(1), 19–27.
- Mufidah, Z. (2022). *Analisis Kebutuhan Air Domestik di Kabupaten Sukoharjo Tahun 2020*.
- Pertiwi, F. N. (2021). *Proyeksi Jumlah Penduduk Dan Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Penduduk Di Kota Medan Menggunakan Trend Non Linier Metode Polinom*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
- Rachman, R. M., Hakim, Y. D., Aswad, N. H., Sukri, A. S., & Putri, T. S. (2025). EVALUASI INSTALASI BANGUNAN AIR BERSIH DESA WAWORAH KABUPATEN KONawe UTARA. *STABILITA// Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 13(1), 23–32.
- Rahmatanti, A., & Sholikhah, M. (2024). *Perancangan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Minum Sumber Air Baku Sungai Bengawan Solo*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Ramadhani, R., & Siagian, P. (2024). Proyeksi dampak pertumbuhan penduduk provinsi Sumatera Utara di tahun 2035: analisis geometri dan eksponensial. *Sepren*, 6(01), 38–48.
- Samadhi, S. I. (2024). *ANALISIS KEBUTUHAN AIR BERSIH DI KABUPATEN PANGKEP= ANALYSIS OF CLEAN WATER NEEDS IN PANGKEP REGENCY*. Universitas Hasanuddin.
- Suhastra, R. V. (2022). *Evaluasi Jaringan Pipa Distribusi Pdam Tirta Indra Di Kecamatan Rengat Kabupaten Indragiri Hulu*. Universitas Islam Riau.