

PERENCANAAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN BLULUK KABUPATEN LAMONGAN

Yanu Tri Wulandari^{1,*}, Ayisya Cindy Harifa², Sutikno³

Mahasiswa D4 Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: yanutriwulandari@gmail.com¹, avisya_civil@polinema.ac.id², sutikno.civil@gmail.com³

ABSTRAK

Kecamatan Bluluk merupakan kawasan dataran rendah yang didominasi dengan tanah kapur di beberapa daerah serta memiliki luas wilayah sebesar 55,3 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 22.898 jiwa yang tidak terlayani PDAM. Penulisan studi ini ditujukan untuk menghitung jumlah proyeksi penduduk tahun 2038, menghitung kebutuhan air masyarakat Kecamatan Bluluk, membuat desain jaringan pipa distribusi serta dimensi reservoir, dan juga memperhitungkan anggaran biaya dari pelaksanaan pekerjaan jaringandistribusi. Data yang diperlukan berupa data jumlah penduduk selama 10 tahun terakhir, data debit sumber mata air, data peta topografi, peta tata guna lahan serta jaringan jalan, dan juga data analisa harga satuan pekerjaan. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka data akan diolah secara manual menggunakan metode proyeksi jumlah penduduk dan Hazen-Williams serta menggunakan bantuan program Watercad V8i untuk merencanakan skema jaringan pipa distribusi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah penduduk di tahun 2038 sebanyak 29.506 jiwa, debit kebutuhan air bersih sebesar 0,0673 m³/dt, pipa yang digunakan pada perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih adalah pipa HDPE PN 16 dengan rincian pipa 5 inch sepanjang 3267,6 m, pipa 4 inch sepanjang 16973,8 m, pipa 3 inch sepanjang 3447,5 m, pipa 2 ½ inch sepanjang 4656,4 m, pipa 1 ½ inch sepanjang 6169,1m, pipa 1 ¼ inch sepanjang 2367,5 m, dan pipa 1 inch sepanjang 3023,6 m. Dengan dimensi reservoir utama sebesar 40,5 m³, serta menggunakan pompa dengan ukuran 100 x 80 m dan 50 x 40 m, dan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut dibutuhkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar 13.901.264.000,00 (Tiga belas milyar sembilan ratus satu juta dua ratus enam puluh empat ribu rupiah)

Kata kunci : Pipa Distribusi, WaterCad V8i, Perhitungan Biaya.

ABSTRACT

Bluluk Sub-district is a lowland area dominated with limestone soil in some areas and has an area of 55,3 km² with a population of 22.898 souls that are not served by PDAM. The writing of this thesis intention for calculated the population projections in 2038, calculated the water needs of Bluluk Sub-district society, created a distribution pipe network design and reservoir dimensions, and calculated the cost budget plan for the implementation of distribution network project. The data required are population data for the last 10 years, water fountain discharge data, topographic maps, land use maps, road network maps, and cost analysis for construction work. To obtain accurate results, the data will be processed manually using Microsoft Excel and AutoCAD, with support from WaterCAD V8i software for designing the pipeline network. The calculations indicate a projected population of 29,506 in 2038, with a clean water demand of 0.0673 m³/person/day. The planned distribution network involves HDPE PN 16 pipes, detailed as follows: 5 inch pipes totaling 3,267.6 m, 4 inch pipes totaling 16,973.8 m, 3 inch pipe totaling 3,447.5 m, 2 ½ inch pipes totaling 4,656.4 m, 1 ½ inch pipes totaling 6,169.1 m, 1 ¼ inch pipes totaling 2,367.5 m, and 1 inch pipes totaling 3,023.6 m. The main reservoir has a capacity of 81 m³, utilizing pumps sized between 100 x 80 m and 50 x 40 m. The completion of this project requires a Budget Plan (RAB) totaling Rp. 13.901.264.000,00 (Thirteen billion nine hundred one million two hundred and sixty four thousand rupiah).

Keywords : Distribution Pipes, WaterCad V8i, Cost Calculation.

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan utama yang diperlukan setiap makhluk hidup untuk bertahan hidup salah satunya yaitu manusia. Manusia membutuhkan air bersih untuk segala aktivitas sehari-hari, sehingga air bersih harus dimaksimalkan ketersediannya. Seiring akan bertambahnya jumlah penduduk dan fasilitas umum pada suatu wilayah maka kebutuhan air bersih akan meningkat sesuai dengan perkembangan suatu wilayah. Sehingga perlu adanya penanganan yang baik agar ketersediaan air bersih tidak mengalami penyusutan.

Seperti pada Kecamatan Bluluk Kabupaten Lamongan, memiliki kondisi topografi berupa dataran rendah yang memiliki ketinggian sekitar 63 m di atas permukaan air laut. Kecamatan Bluluk merupakan wilayah yang berada di daerah paling ujung selatan Kabupaten Lamongan yang memiliki 9 desa. Menurut data Badan Pusat Statistika (BPS) pada tahun 2023 jumlah penduduk Kecamatan Bluluk sebanyak 22.898 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,37% sejak tahun 2022. Di Kecamatan tersebut untuk penyediaan air bersih masih dilakukan secara individual oleh masing-masing rumah menggunakan sumur, di karenakan masih belum adanya layanan PDAM. Kondisi tanah kapur dan gersang serta hutan jati yang kurang bisa menyimpan air hujan, menyebabkan beberapa desa di Kecamatan Bluluk sering mengalami kekeringan apalagi saat terjadi kemarau panjang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diketahui bahwasanya kekeringan terjadi akibat sumur masyarakat yang mengering dan pada wilayah Bluluk ini sistem sarana prasarana sistem air bersih masih perlu dikembangkan lagi agar masyarakat dapat mendapatkan layanan air bersih sepanjang musim. Oleh karena itu ditulislah karya ilmiah "Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kecamatan Bluluk Kabupaten Lamongan" yang bertujuan agar seluruh masyarakat Kecamatan Bluluk dapat terhindar dari kekeringan dan mendapatkan layanan air bersih yang layak. Dengan dibuatnya sistem distribusi perpipaan air bersih ke setiap rumah warga yang sumbernya di ambil dari sumber mata air Sendang Polaman yang berada di Dusun Polaman Desa Bluluk.

2. METODE

Perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih ini terletak di Kecamatan Bluluk Kabupaten Lamongan yang wilayahnya berbatasan dengan Kabupaten Bojonegoro. Kecamatan Bluluk pada tahun 2023 memiliki jumlah penduduk sebesar 22.898 jiwa. Data yang diperlukan dalam perencanaan jaringan pipa distribusi adalah data jumlah penduduk, data jumlah fasilitas umum, data debit air sumber, peta topografi, peta tata guna lahan dan jaringan jalan, serta AHSP 2024

Kabupaten Lamongan. Perencanaan akan diproyeksikan ke 15 tahun mendatang mulai 2024-2038 menggunakan data 10 tahun terakhir yaitu data dari tahun 2014-2023.

Metode Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dihitung menggunakan tiga metode yaitu, metode aritmatika, metode geometrik, dan metode eksponensial.

Rasio pertumbuhan penduduk,

$$r = \frac{\text{Jumlah penduduk tahun } b - \text{Jumlah penduduk tahun } a}{\text{Jumlah penduduk tahun } a} \quad (1)$$

Metode Aritmatika,

$$P_t = P_o (1 + n \cdot r) \quad (2)$$

Metode Geometrik,

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

Metode Eksponensial,

$$P_t = P_o \cdot e^{r \cdot n} \quad (4)$$

Tahapan selanjutnya, menghitung rata-rata jumlah penduduk dan mengambil nilai terkecil dari standar deviasi seluruh data,

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (5)$$

Metode Proyeksi Jumlah Fasilitas Umum

Proyeksi jumlah fasilitas umum menggunakan persamaan berikut dalam menentukan kebutuhan air non domestik.

$$f_n = w \cdot f_o \quad (6)$$

$$w = \frac{P_n}{P_o} \quad (7)$$

Debit Kebutuhan Air Bersih

a. Kebutuhan Air Domestik

Klasifikasi kebutuhan air domestik dapat dilihat pada peraturan Departemen PU Dirjen Cipta Karya Tahun 2000.

$$Q_d = SR + HU \quad (8)$$

$$SR = \text{jumlah penduduk terlayani} \times \text{konsumsi SR} \times \text{prosentase SR} \quad (9)$$

$$HU = \text{jumlah penduduk terlayani} \times \text{konsumsi HU} \times \text{prosentase HU} \quad (10)$$

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Pada kebutuhan non domestik jika tidak terdapat data yang valid dapat dilakukan pendekatan sebesar (15 – 30)% kebutuhan domestiknya. Klasifikasi kebutuhan air non domestik dapat dilihat pada peraturan Departemen PU Dirjen Cipta Karya Tahun 2000.

$$Q_{nd} = \sum \text{fasilitas umum} \times \text{Nilai konsumsi} \quad (11)$$

c. Kapasitas dan Fluktuasi

Kebutuhan air rata-rata harian dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Q_{rt} = Q_d + Q_{nd} \quad (12)$$

Kebutuhan air jam maksimum dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{max} \quad (13)$$

Kehilangan air berkisar 15-25% dari total kebutuhan air domestik maupun non domestik.

Skema Jaringan Pipa

Interpolasi kontur digunakan untuk menentukan nilai diantara dua nilai yang telah ditentukan.

$$h_c = h_a + (d_{ac}/d_{ab}) \times (h_b - h_c) \tag{14}$$

Dimensi Pipa

Dimensi pipa dan koefisien kekasaran pada pipa ditentukan menggunakan rumus Hazen Williams.

$$\text{Dimensi} = \left(\frac{Q_{\text{kebutuhan}}}{(0,2779 \times CH \times I)^{1,85}} \right)^{\frac{1}{2,63}} \tag{15}$$

Watercad V8i

Watercad V8i memungkinkan pengguna untuk merancang sistem distribusi air secara efisien dengan menentukan lokasi pipa, dimensi pipa, reservoir, dan juga pompa ataupun bak pelepas tekan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Watercad V8i digunakan hanya untuk mengecek jaringan pipa yang direncanakan.

Tinggi Energi Pipa

$$H_{fl} = \frac{V1^2}{2g} + \frac{P1}{\gamma} + Z1 \tag{16}$$

Kehilangan Energi Pipa

$$\frac{Q^{185}}{(0,2785 \times D^{2,63} \times C)^{1,85}} \times L \tag{17}$$

Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran yang diijinkan adalah antara 0,3 – 4,5 m/dtk atau menggunakan persamaan berikut.

$$V = Q / A \tag{18}$$

Sisa Tinggi Tekan

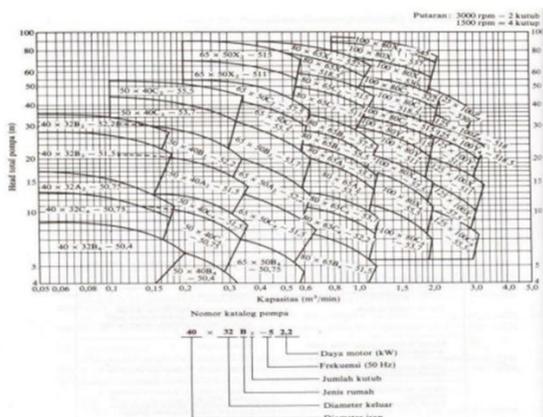
Sisa tinggi tekan minimal pada setiap titik dalam jaringan distribusi adalah 10 m dan tidak boleh melebihi 100m.

Reservoir

Volume reservoir ditentukan minimum 15% - 30% dari kebutuhan air maksimum per harinya.

Pompa

Kapasitas total pompa harus dapat memenuhi kebutuhan maksimum (kebutuhan pada titik puncak) dari konsumen. Untuk menentukan head pompa dapat dilihat dari diagram pemilihan pompa.



Gambar 1. Diagram pemilihan pompa umum

Sumber : Sularso, 1996

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dapat digunakan untuk memperkirakan nilai pembiayaan proyek tersebut. Rencana anggaran biaya terdiri dari beberapa item seperti biaya bahan, biaya upah, biaya sewa alat dan banyak lagi.

$$RAB = \sum \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \tag{19}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk

Menghitung proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Bluluk menggunakan tiga metode yaitu metode aritmatika, geometrik, dan eksponensial.

Diketahui :

Jumlah penduduk di desa Bluluk tahun 2022 = 3.988 jiwa

Jumlah penduduk di desa Bluluk tahun 2023 = 3.925 jiwa

Perhitungan Proyeksi :

Rasio Pertumbuhan Penduduk,

$$r = \frac{\text{Jumlah penduduk tahun b} - \text{Jumlah penduduk tahun a}}{\text{Jumlah penduduk tahun a}} = \frac{3925 - 3988}{3988} = -0,015 = -0,015\%$$

$$\bar{r} = \frac{\sum r}{\Sigma \text{data}} = \frac{0,0369}{9} = 0,0041$$

Diketahui,

P0 = Jumlah penduduk awal tahun (2023) = 3.925 jiwa

r = Rata-rata rasio pertumbuhan penduduk = 0,41 %

n = Jumlah data = 15 tahun

Metode Aritmatika,

$$P_t = P_0 (1 + n \cdot r)$$

$$P_{2038} = P_{2023} (1 + 15 \times 0,41\%) = 3.925 (1 + 15 \times 0,41\%) = 4.146 \text{ jiwa}$$

Metode Geometrik,

$$P_t = P_0 (1 + r)^n$$

$$P_{2038} = P_{2023} (1 + 0,41\%)^{15} = 3.925 (1 + 0,41\%)^{15} = 4.171 \text{ jiwa}$$

Metode Eksponensial,

$$P_t = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$

$$P_{2038} = P_{2023} \cdot e^{0,41\% \times 15} = 3.925 \cdot e^{0,41\% \times 15} = 4.171 \text{ jiwa}$$

Perhitungan Standar Deviasi,

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{71073}{14}} = 71,25$$

Setelah dilakukan perhitungan terhadap seluruh desa dan tiap tahun rencananya didapatkan hasil proyeksi penduduk

Kecamatan Bluluk untuk 15 tahun ke depan. Hasil disajikan pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Hasil proyeksi penduduk Kecamatan Bluluk

No	Nama Desa	Jumlah Penduduk
		2038
1	Banjargondang	2143
2	Cangkring	4018
3	Kuwurejo	2665
4	Songowareng	2127
5	Sumberbanjar	4158
6	Primpen	1960
7	Bronjong	2387
8	Bluluk	4164
9	Talunrejo	5882

Sumber : perhitungan excel

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan penduduk Kecamatan Bluluk pada Tahun 2038 sebanyak 29.506 jiwa.

Hasil Proyeksi Fasilitas Umum

Data fasilitas umum yang digunakan yaitu data pada tahun 2023 untuk melakukan proyeksi.

Diketahui :

$$P_0 = \text{Jumlah penduduk tahun 2023} = 3.925 \text{ jiwa}$$

$$P_n = \text{Jumlah penduduk tahun 2038} = 4.164 \text{ jiwa}$$

$$f_0 = \text{Jumlah TK tahun 2023} = 3 \text{ unit}$$

Perhitungan proyeksi fasilitas umum :

$$w = \frac{\text{Jumlah penduduk tahun 2038}}{\text{Jumlah penduduk tahun 2023}} = \frac{3925}{4164} = 0,9426$$

$$\begin{aligned} f_n &= w \times f_0 \\ &= 0,9426 \times 3 \\ &= 2,8278 \approx 3 \end{aligned}$$

Jadi pada tahun 2038 didapatkan fasilitas umum taman kanak-kanak sejumlah 3 unit.

Berikut ini merupakan hasil proyeksi fasilitas umum pada tahun 2038 yang akan disajikan pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Fasilitas umum Kecamatan Bluluk Tahun 2038

No	Nama Desa	Proyeksi Fasilitas Umum Kecamatan Bluluk Tahun 2038			
		TK	SD	SMP	SMA
1	Banjargondang	1	1	0	0
2	Cangkring	1	1	0	0
3	Kuwurejo	1	3	0	0
4	Songowareng	2	3	1	2
5	Sumberbanjar	2	2	0	0
6	Primpen	2	2	0	0
7	Bronjong	1	1	0	0
8	Bluluk	3	3	1	2

9	Talunrejo	2	2	0	0
---	-----------	---	---	---	---

Sumber : perhitungan excel

Tabel 3. Lanjutan fasilitas umum Kecamatan Bluluk

No	Nama Desa	Proyeksi Fasilitas Umum Kecamatan Bluluk Tahun 2038				
		Puskesmas	Masjid	Mushola	Gereja	Pasar
1	Banjargondang	0	3	2	0	0
2	Cangkring	0	5	1	1	0
3	Kuwurejo	0	8	1	0	0
4	Songowareng	1	8	1	0	1
5	Sumberbanjar	0	12	2	0	0
6	Primpen	0	5	1	0	0
7	Bronjong	0	9	1	0	0
8	Bluluk	1	15	2	0	2
9	Talunrejo	0	9	1	0	0

Sumber : perhitungan excel

Debit Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik tahun 2038 di Kecamatan Bluluk dihitung dengan cara berikut ini :

Diketahui :

$$\text{Jumlah penduduk Desa Bluluk (2038)} = 4.164 \text{ jiwa}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penduduk terlayani} &= \text{Jumlah penduduk} \times 80\% \\ &= 4.164 \times 80\% \\ &= 3.331 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan air domestik :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan SR (Q}_{SR}\text{)} &= \text{Penduduk terlayani} \times \text{SR} \times \text{Prosen SR} \\ &= 3.331 \times 80 \times 70\% \\ &= 186.546,4 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HU (Q}_{HU}\text{)} &= \text{Penduduk terlayani} \times \text{HU} \times \text{Prosen HU} \\ &= 3331 \times 30 \times 30\% \\ &= 29.980,67 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan (Q}_d\text{)} &= Q_{SR} + Q_{HU} \\ &= 186.546,4 + 29.980,67 \\ &= 216.527,1 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= 216.527,1 / (24 \times 60 \times 60) \\ &= 216.527,1 / 86.400 \\ &= 2,5061 \text{ lt/dt} \\ &= 0,003 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Perhitungan kebutuhan air non domestik pada tahun 2038 di Kecamatan Bluluk pada fasilitas umum pendidikan TK.

Diketahui :

$$\text{Jumlah siswa TK (2038)} = 27 \text{ siswa}$$

$$\text{Tingkat pemakaian air} = 5 \text{ lt/org/hr}$$

Perhitungan kebutuhan air non domestik :

$$Q_{nd} = \text{Jumlah siswa} \times \text{tingkat pemakaian air}$$

$$\begin{aligned}
 &= 27 \times 5 \text{ lt/org/hr} \\
 &= 135 \text{ lt/hr} \\
 &= 135 / 86.400 \\
 &= 0,0016 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

c. Kapasitas dan Fluktuasi

Kebutuhan Air Harian Rata-rata

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 2,506 \text{ lt/dt} \\
 Q_{nd} &= 0,969 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan air harian rata-rata di Kecamatan Bluluk tahun 2038 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ harian rata-rata} &= Q_d + Q_{nd} \\
 &= 2,506 + 0,969 \\
 &= 3,475 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Jam Maksimum

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air harian maksimal} &= 3,426 \text{ lt/dt} \\
 \text{Faktor harian maksimum} &= 1,5
 \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan air jam maksimum sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan air jam maksimum (Qpeak)} = Q_{max} \times f_{peak}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 Q_{max} &= \text{kebutuhan air harian rata-rata dikalikan} \\
 &\quad \text{dengan faktor harian maksimum} \\
 f_{peak} &= \text{faktor kebutuhan air jam maksimum} \\
 \text{Maka } Q_{peak} &= (3,426 \text{ lt/dt} \times 1,1) \times 1,5 \\
 &= 3,768 \times 1,5 \\
 &= 5,652 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

Kehilangan Air

$$\begin{aligned}
 \text{Kehilangan air (Qha)} &= 20\% \times (Q_d + Q_{nd}) \\
 &= 20\% \times (2,506 + 0,969) \\
 &= 0,695 \text{ lt/dt}
 \end{aligned}$$

Skema Jaringan

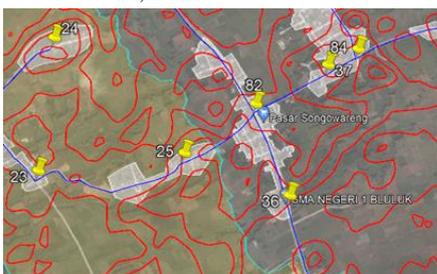
Interpolasi jaringan yang digunakan untuk menentukan elevasi tiap titik dihitung sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Kontur Awal (hc)} &= 70 \text{ m} \\
 \text{Kontur Akhir (hb)} &= 75 \text{ m} \\
 \text{Jarak Pendek (dac)} &= \text{Jarak kontur awal ke node} = 147 \text{ m} \\
 \text{Jarak Panjang (dab)} &= \text{Jarak kontur awal ke akhir} = 233 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan interpolasi kontur :

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi node} &= hc + (dac/dab) \times (hb-hc) \\
 &= 70 + (147/233) \times (75-70) \\
 &= 73,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 2. Node Interpolasi Kontur

Sumber : Google earth (01 Juli 2024 ; 20:00 WIB)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan jarak antar node pada node S ke node R :

$$\begin{aligned}
 \text{Node S : X} &= 625012,5 \text{ m} \\
 &Y = 9195080,9 \text{ m} \\
 &Z = 58,00 \text{ m} \\
 \text{Node R : X} &= 625042,9 \text{ m} \\
 &Y = 9195110,1 \text{ m} \\
 &Z = 57,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak mendatar} &= \sqrt{(X \text{ node S} - X \text{ node R})^2 +} \\
 &\quad \sqrt{(Y \text{ node S} - Y \text{ node R})^2} \\
 &= \sqrt{(625012,5 - 625042,9)^2 +} \\
 &\quad \sqrt{(9195080,9 - 9195110,1)^2} \\
 &= 59,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beda tinggi} &= Z \text{ node S} - Z \text{ node R} \\
 &= 58,00 - 57,30 \\
 &= 0,70 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar node} &= \sqrt{\text{Jarak mendatar}^2 +} \\
 &\quad \sqrt{\text{Beda tinggi}^2} \\
 &= \sqrt{59,6^2 + 0,7^2} \\
 &= 60,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Pipa

Dimensi Jaringan pipa di Kecamatan Bluluk adalah sebagai berikut :

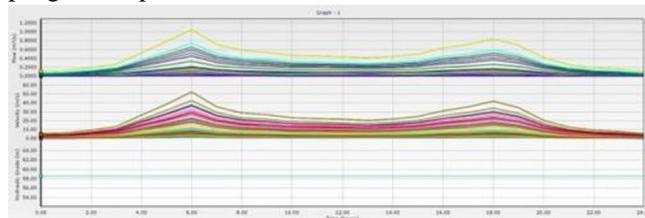
Dimensi Node S-R

$$\begin{aligned}
 \varnothing_{\text{pipa}} &= \left(\frac{Q_{\text{kebutuhan}}}{(0,2779 \times CH \times 1)^{1,85}} \right)^{\frac{1}{2,63}} \\
 &= \left(\frac{0,028}{(0,2779 \times 150 \times 60,3)^{1,85}} \right)^{\frac{1}{2,63}} \\
 &= 0,036 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi pipa di atas maka didapatkan hasil dimensi pipa sebesar 0,036 m. Sehingga ukuran pipa yang dipakai harus mendekati atau lebih dan tidak boleh kurang dari diameter hitung tersebut.

WaterCad V8i

Pada perencanaan di watercad v8i pipa telah oke dan tidak terdapat permasalahan. Berikut merupakan tabel hasil pengolahan pada watercad v8i.



Gambar 3. Grafik aliran dan kecepatan

Sumber : WaterCad V8i (01 Juli ; 21:00 WIB)

Tinggi Energi Pipa

Tinggi energi pipa pada contoh perhitungan node S-R dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 H_{fl} &= \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \\
 &= \frac{0,28^2}{2 \times 9,81} + \frac{0}{1} + 58,778 \\
 &= 60,778 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kehilangan Tekanan

Kehilangan tekanan air diperhitungkan pada contoh node S- R sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H_f &= \frac{Q^{1,85}}{(0,2785 \times D^{2,63 \times C})^{1,85}} \times L \\
 &= \frac{0,28^{1,85}}{(0,2785 \times 0,11^{2,63 \times 150})^{1,85}} \times 60,3 \\
 &= 3,870 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sisa Tinggi Tekan

Perhitungan sisa tinggi tekan diambil pada contoh perhitungan node S-R dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Sisa tekan} &= \text{elevasi energi hulu} - \text{elevasi energi hilir} \\
 &= 60,778 - 61,847 \\
 &= -1,069 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kondisi tersebut menandakan bahwasanya sisa tekan tidak memenuhi standar karena nilai kurang dari 10 m sehingga diperlukan adanya pompa agar aliran air dapat mengalir.

$$\begin{aligned}
 \text{Sisa Tinggi Tekan} &= \text{Sisa tekan} + \text{pompa} \\
 &= -1,069 + 70 \\
 &= 68,931 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Reservoir

Reservoir dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Prosentase volume reservoir} &= \frac{\text{Surplus air} + \text{Defisit air}}{2} \\
 &= \frac{27,700 \% + 27,620}{2} \\
 &= 27,667 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ kebutuhan reservoir} &= \text{Prosentase vol} \times Q \text{ keb} \times \text{Waktu alir} \\
 &= 27,667 \% \times 0,038 \times 3600 \text{ detik} \\
 &= 38,6543 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kebutuhan} &= 38,6543 \text{ m}^3 \\
 \text{Tinggi asumsi} &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan dimensi reservoir sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times T \\
 38,654 &= L \times L \times 4 \\
 L^2 &= 38,654 / 2 \\
 &= 19,327 \text{ m}^2 \\
 L &= \sqrt{19,327} \\
 &= 4,3962 \text{ m} \sim 4,5 \text{ m} \\
 P &= 4,3962 \text{ m} \sim 4,5 \text{ m} \\
 &\text{(Karena diasumsikan bentuk atas reservoir persegi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dimensi reservoir menjadi berikut ini :

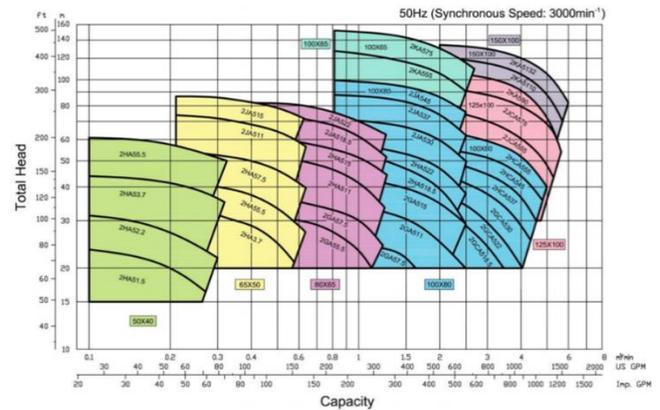
$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi} &= 2 \text{ m (diasumsikan)} \\
 \text{Lebar} &= 4,5 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 4,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 V &= P \times L \times T \\
 &= 4,5 \times 4,5 \times 2 \\
 &= 40,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pompa

Berikut ini merupakan tahapan penentuan Head pompa menggunakan chart katalog dari pompa merk Ebara tahun 2023 :



Gambar 4. Katalog chart pompa ebara

1. Menentukan besar kapasitas debit yang dialirkan dalam satuan m3/menit.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit node S-R} &= 0,0284 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Kapasitas pompa} &= 0,0284 \times 60 \\
 &= 1,71 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

2. Tarik garis horizontal dan vertikal sesuai dengan kapasitas pompa yang telah dihitung. Kemudian tandai pada garis yang bersinggungan antara garis horizontal dan vertikal. Pada node S-R dibutuhkan head pompa sebesar 70 m. Dengan pompa Ebara tipe 2JA537.

3. Menghitung jumlah banyaknya pompa yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak pompa} &= \frac{\text{debit aliran dalam } \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}}{\text{Kapasitas pompa}} \\
 &= \frac{0,0284 \times 60}{1,71} \\
 &= 1 \text{ buah pompa}
 \end{aligned}$$

Dengan pompa yang terpasang dalam sistem sebanyak 2 buah pompa yaitu 1 buah pompa utama dan 1 buah pompa cadangan.

Tabel 4. Kebutuhan pompa

Pompa			Debit				Head m
			l/dt	m ³ /dt	m ³ /mnt	m ³ /jam	
S	-	R	28,47	0,03	1,71	102,48	70
R	-	1	38,82	0,04	2,33	139,75	70
13	-	14	27,43	0,03	1,65	98,75	70
14	-	27	27,23	0,03	1,63	98,03	50
27	-	30	26,85	0,03	1,61	96,68	70
31	-	38	2,54	0,002	0,15	9,13	20

31	-	48	20,94	0,02	1,26	75,39	50
70	-	71	1,93	0,001	0,12	6,94	50

Sumber : perhitungan excel

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya didapatkan dari volume pekerjaan dikali dengan harga satuan pekerjaan. Berikut merupakan contoh perhitungan volume pekerjaan pada galian tanah Pipa HDPE Ø5 inci :

Diketahui :

Panjang pipa = 3267,60 m

Lebar galian = 0,50 m

Tinggi galian = 1,00 m

Perhitungan volume pekerjaan :

$$\begin{aligned}
 V \text{ pekerjaan} &= P \times L \times T \\
 &= 3267,6 \times 0,5 \times 1 \\
 &= 1633,80 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan Rencana Anggaran Biaya pekerjaan pada galian tanah Pipa HDPE Ø5 inci :

Diketahui :

V pek. = 1633,80 m³

AHSP = Rp. 124.421,03 /m³

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Harga} &= \text{Volume pekerjaan} \times \text{AHSP} \\
 &= 1633,80 \times \text{Rp. 124.421,03} \\
 &= \text{Rp. 203.279.078,81}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
No	Nama Pekerjaan	Jumlah Harga
A.	Pekerjaan Persiapan	Rp 951.282.310,91
B.	Pekerjaan Tanah	Rp 4.137.458.904,87
C.	Pekerjaan Pemasangan Pipa	Rp 7.257.710.470,16
D.	Pengadaan Sambungan Pipa	Rp 15.439.794,52
E.	Pengadaan dan Pemasangan Pompa	Rp 51.059.386,77
F.	Pengadaan dan Pemasangan Reservoir	Rp 110.710.638,00
TOTAL		Rp 12.523.661.505,23
PPN 11%		Rp 1.377.602.765,58
JUMLAH TOTAL		Rp 13.901.264.270,81
Dibulatkan		Rp 13.901.264.000,00
<i>Terbilang : Tiga belas milyar sembilan ratus satu juta dua ratus enam puluh empat ribu rupiah</i>		

Sumber : Perhitungan excel

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Kecamatan Bluluk Kabupaten Lamongan adalah sebagai berikut :

1. Proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan jaringan pipa distribusi di Kecamatan Bluluk pada tahun 2038 sebanyak 29.506 jiwa.
2. Debit air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kecamatan Bluluk hingga tahun 2038 sebesar 0,028 m³/detik pada pipa transmisi dan 0,039 m³/detik pada pipa distribusi.
3. Jaringan pipa air bersih di Kecamatan Bluluk menggunakan Pipa HDPE PN 16 merk Rucika dengan rincian dimensinya yaitu Pipa Transmisi diameter 4 inch sepanjang 60,3 m, untuk pipa Pipa Distribusi Diameter 5 inch sepanjang 3267,6 m, Diameter 4 inch sepanjang 16913,5 m, Diameter 3 inch sepanjang 3447,5 m, Diameter 2 ½ inch sepanjang 4656,4 m, Diameter 1 ½ inch sepanjang 6169,1 m, Diameter 1 ¼ inch sepanjang 2367,5 m, Diameter 1 inch sepanjang 3023,6 m, adapun untuk dimensi Reservoir volume sebesar 40,5 m³ dengan panjang 4,5 m, lebar 4,5 m, dan tinggi 2,0 m.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Kecamatan Bluluk sebesar 13.901.264.000,00 (*Tiga belas milyar sembilan ratus satu juta dua ratus enam puluh empat ribu rupiah*).

DAFTAR PUSTAKA

[1] SNI 6728-2015, S. (2015). *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam-Bagian 1*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

[2] Adioetomo, S. M., & Samosir, O. B. (2010). *Dasar-Dasar Demografis*. Jakarta: Salemba Empat.

[3] Al-Layla, & M., A. (1980). *Water Supply Engineering Design, 3rd Edition*. Michigan, USA: Ann Arbor Science Publishers, Inc.

[4] Badan Pusat Statistika Kabupaten Lamongan. (2023). *Kecamatan Bluluk Dalam Angka 2023*. Lamongan: Badan Pusat Statistika .

[5] Direktorat Jendral Cipta Karya Kementrian Pekerjaan Umum. (2000). *Kriteria Penyediaan Air Minum*.

[6] Ferial, M. F., Mundra, I. W., & Hirijanto. (2020). Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Pagak Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknik Sipil : Institut Teknologi Negeri Malang*, 1.

[7] Haestad Methods. (2001). *User Guide WaterCAD v4.5 for Windows*. Waterbury CT. USA: Haestad Press.

[8] Harso, R. M., H., R., & Y., E. (2022). Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih di Kecamatan Jabung Kabupaten Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air ; Jtresda*, Vol 3.

[9] Huljanah, A., & Nopriani, E. (2022). Perencanaan Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Di Kecamatan

- Rambang Kapak Tengah Kota Prabumulih Sriwijaya. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*.
- [10] Joko, T. (2010). *Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [11] Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*.
- [12] Raswari. (1986). *Teknologi dan Perencanaan Perpipaan. Cetakan Ketiga*. Jakarta: UI Press.
- Roberson, JM dan Kent, PL. *Boiler Operation*, Thirt Edition.
- [13] SNI 7509-2011. (2011). *Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [14] Sularso. (2000). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [15] Sularso, & Suga, K. (1996). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [16] Surat Keputusan SNI Air Bersih. (1990). *Tingkat Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota*.