

ANALISIS PERBANDINGAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN RENGEL KABUPATEN TUBAN

Alica Fadya Haya¹, Winda Harsanti², Utami Retno Pudjowati³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2,3}

E-mail : alicafoyahaya007@gmail.com¹, windaharsanti@polinema.ac.id², utami.retno@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Kecamatan Rengel merupakan salah satu kecamatan yang mengalami krisis air bersih saat musim kemarau. Pelayanan air bersih di kecamatan tersebut belum menjangkau seluruh wilayah. Oleh karena itu perlu perluasan area layanan air bersih. Perencanaan ini bertujuan untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2038 dengan metode aritmatik, geometrik, dan eksponensial, menghitung debit kebutuhan air, merencanakan dimensi pipa dan *reservoir*, dan rencana anggaran biaya. Data yang digunakan adalah data jumlah penduduk Kecamatan Rengel tahun 2009 – 2023, data fasilitas umum Kecamatan Rengel tahun 2023, data debit sumber, dan data harga satuan pokok kegiatan Kabupaten Tuban tahun 2024. Hasil perhitungan menunjukkan jumlah penduduk pada tahun 2038 sebanyak 92.025 jiwa, debit kebutuhan yang diperlukan sebesar 188,489 liter/detik, menggunakan pipa HDPE dengan Ø20 mm, Ø 25 mm, Ø32 mm, Ø40 mm, Ø50 mm, Ø63 mm, Ø75 mm, Ø90 mm, Ø110 mm, Ø125 mm, Ø160 mm, Ø180 mm, Ø200 mm, Ø225 mm, Ø250 mm, Ø315 mm, dan Ø355 mm. *Reservoir* yang direncanakan berjumlah 5 dengan dimensi, 4 x 4 x 5 m, 3,5 x 3,5 x 3,5 m, 7 x 7 x 5 m, 6 x 6 x 5,5 m, dan 4 x 4 x 4,5 m. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 28.467.992.787,40.

Kata kunci : Dimensi pipa, Jaringan pipa, Perencanaan

ABSTRACT

Rengel District is one of the districts that experiences a clean water crisis during the dry season. Clean water services in this sub-district do not yet reach the entire area. Therefore, it is necessary to expand the clean water service area. This design aims to calculate the projected population in 2038 using arithmetic, geometric and exponential methods, to calculate water demand discharge, to design pipe and reservoir dimensions, and to design cost budgets. The data used are data on the population of Rengel District for 2009 – 2023, data on public facilities for Rengel District for 2023, dependable discharge, and data on basic unit prices for Tuban Regency activities in 2024. The calculation results to show that the population in 2038 will be 92,025 people, requirement discharge is 188,489 liters/second, using HDPE pipes with Ø20 mm, Ø 25 mm, Ø32 mm, Ø40 mm, Ø50 mm, Ø63 mm, Ø75 mm, Ø90 mm, Ø110 mm, Ø125 mm, Ø160 mm, Ø180 mm, Ø200 mm, Ø225 mm, Ø250 mm, Ø315 mm, and Ø355 mm. There are 5 designs reservoirs with dimensions, 4 x 4 x 5 m, 3.5 x 3.5 x 3.5 m, 7 x 7 x 5 m, 6 x 6 x 5.5 m, and 4 x 4 x 4.5m. The required budget design is IDR. 28,467,992,787.40.

Keywords : Pipe dimensions, Pipeline networks, Design

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok manusia yang memiliki sifat tidak terbatas dan berkelanjutan. Salah satu infrastruktur yang harus tersedia di setiap wilayah adalah infrastruktur yang menunjang ketersediaan air bersih.

Kecamatan Rengel merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Tuban yang mengalami krisis air bersih ketika kemarau (Kumparan.com, 2021). Pertambahan jumlah penduduk setiap tahun juga mempengaruhi kebutuhan air bersih yang ada pada Kecamatan Rengel.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PDAM Kabupaten Tuban dari 16 desa di Kecamatan Rengel, saat ini baru 4 desa yang memiliki layanan air bersih. Masyarakat yang belum menerima layanan air bersih masih memanfaatkan aliran sungai ataupun sumur untuk memenuhi kebutuhan air bersih mereka. Namun, ketika musim kemarau tiba air yang tersedia sangat terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukan perluasan daerah jangkauan air bersih.

Dalam kajian ini dilakukan perencanaan menggunakan 2 alternatif sebagai perbandingan. Pada alternatif 1

menggunakan 17 ukuran diameter pipa, sedangkan pada alternatif 2 menggunakan 15 ukuran diameter pipa. Selain itu, pada penggunaan pompa juga terdapat perbedaan. Pada alternatif 1 digunakan pompa sebanyak 31 unit sedangkan pada alternatif 2 digunakan sebanyak 38 unit. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan dimensi sehingga penggunaan pompa juga mengalami perbedaan.

2. METODE

PROYEKSI PERTUMBUHAN PENDUDUK

Proyeksi pertumbuhan penduduk menurut (Bileam et al., 2023) dihitung dengan umur proyeksi 15 tahun menggunakan 3 metode yaitu sebagai berikut :

- Metode Aritmatik
- Metode Geometrik

$$Pt = P0(1 + n.r) \tag{1}$$

$$Pt = P0 x (1 + r)^n \tag{2}$$

- Metode Ekspensial

$$Pt = P0 x e^{r.n} \tag{3}$$

Keterangan :

- Pt = Jumlah penduduk pada akhri periode t (orang)
- P0 = Jumlah penduduk pada awal periode t (orang)
- r = Tingkat pertumbuhan penduduk (%)
- n = Jangka waktu tahun proyeksi (tahun)

Dengan rumus tingkat pertumbuhan (Bileam et al., 2023) :

$$r = \frac{jml.pdd\ th\ akhir - jml\ pdd\ th\ awal}{jml.pdd\ th\ awal} x 100\% \tag{4}$$

Selanjutnya diperhitungkan standart deviasi dari masing-masing metode dan dipilih nilai terkecil sebagai nilai proyeksi penduduk dengan persamaan (Bileam et al., 2023) :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(xi-xr)^2}{n-1}} \tag{5}$$

Keterangan :

- SD = Standar deviasi
- Xr = Jumlah data rata-rata (jiwa)
- Xi = Jumlah penduduk pada tahun bersangkutan (jiwa)
- n = Jumlah data (tahun)

KEBUTUHAN AIR BERSIH

Kebutuhan air bersih merupakan kebutuhan air yang harus dipenuhi untuk menunjang kegiatan masyarakat. Kebutuhan air bersih dalam perencanaan terdiri dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non-domestik, dan kehilangan air.

Berdasarkan Tabel Kriteria Kebutuhan Air Domestik yang dikutip dari (Wirayuda, 2019) jumlah penduduk antara 20.000 sd. 100.000 jiwa termasuk dalam kategori kecil dengan kebutuhan air bersih sebesar 100 lt/o/h, perbandingan SR:HU sebesar 70:30 dengan kebutuhan HU sebesar 30 lt/o/h, tingkat pelayanan 90%.

a. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya tahun 2000, kebutuhan air domestik dapat dihitung sebagai berikut (Monika et al., 2023) :

$$Qd = SR + HU \tag{6}$$

$$SR = Jml.\ penduduk\ terlayani\ x\ konsumsi\ unit\ SR\ x\ persentase\ penggunaan\ SR / 86.400 \tag{7}$$

$$HU = Jml.\ penduduk\ terlayani\ x\ konsumsi\ unit\ HU\ x\ persentase\ penggunaan\ HU / 86.400 \tag{8}$$

Keterangan :

- Qd = Sambungan rumah (lt/dt)
- SR = Sambungan rumah (lt/dt)
- HU = Hidran umum (lt/dt)

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non-domestik merupakan kebutuhan air selain untuk keperluan rumah tangga, seperti penggunaan untuk fasilitas umum sekolah, rumah ibadah, dan industri. Berdasarkan (Haidar et al., 2021) kebutuhan non-domestik dapat dihitung dengan rumus :

$$Qnd = \sum\ fasilitas\ umum\ x\ nilai\ konsumsi \tag{9}$$

Berikut adalah tabel nilai konsumsi air fasilitas umum:

Tabel 1. Nilai Konsumsi Fasilitas Umum Sekolah

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Puskesmas	2000	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Gereja	1000	liter/unit/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari

Sumber : (Hartati, 2021)

Jumlah fasilitas umum yang digunakan dalam perhitungan merupakan jumlah fasilitas yang telah diproyeksi

$$fn = K x f_0 \tag{10}$$

$$K = \frac{P_n}{P_0} \tag{11}$$

Keterangan :

- fn = Jumlah fasilitas umum tahun ke-n (unit)
- K = Perbandingan jumlah penduduk tahun ke-n
- f₀ = Jumlah fasilitas umum tahun awal (unit)
- P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)
- P₀ = Jumlah penduduk tahun awal (jiwa)

c. Kehilangan Air

Kehilangan air dalam sistem penyediaan air bersih dapat disebabkan oleh kebocoran pipa atau penggunaan air secara boros. Berdasarkan Dirjen Cipta Karya DPU tahun 2000 yang dikutip dari (Amin et al., 2023) nilai kehilangan air sebesar 20-30% untuk seluruh kategori wilayah.

$$Kehilangan\ air = 30\% \times (Qd + Qnd) \tag{12}$$

Sehingga dapat dihitung nilai kebutuhan air total sebagai berikut (Monika et al., 2023) :

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

d. Kebutuhan Pipa Transmisi dan Distribusi

Berdasarkan (Amin et al., 2023) kebutuhan air untuk pipa transmisi dihitung dari nilai faktor sebesar 1,1 dikali dengan kebutuhan air pada hari puncak. Sedangkan kebutuhan air untuk pipa distribusi dihitung dari nilai faktor sebesar 1,5 dikali dengan kebutuhan air pada jam puncak.

PERHITUNGAN DIMENSI PIPA

Perhitungan dimensi pada perencanaan pipa air bersih menggunakan rumus (Monika et al., 2023) :

$$Q = A \times v \quad (14)$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (15)$$

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{1.67 \times C \times I^{0.54}}{Q}} \quad (16)$$

Kehilangan tinggi tekanan dihitung menggunakan rumus :

$$H_f = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}}\right)^{1.85} \times L \quad (17)$$

Tinggi energi dihitung menggunakan persamaan Bernoulli :

$$H_1 + \frac{v^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = H_2 + \frac{v^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + H_f \quad (18)$$

Keterangan :

- Q = Debit (m³/dt)
- D = Diameter dalam pipa (m)
- A = Luas penampang (m²)
- v = Kecepatan aliran (m/dt)
- H_f = Kehilangan energi (m)
- H_{1,2} = Elevasi pipa (m)
- γ = Berat jenis air (1000 kg/m³)
- I = Kemiringan hidrolis (m)
- C = Koefisien kekasaran pipa = 140 = 140 (Pipa HDPE)
- L = Panjang pipa (m)
- P = Tekanan air (meter)

RESERVOIR

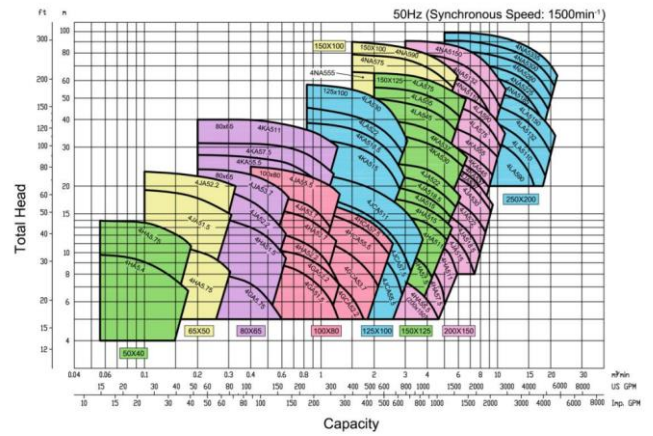
Reservoir sebagai bangunan penampung air sementara direncanakan dengan perhitungan volume sebagai berikut :

$$\text{Persentase vol. reservoir} = \frac{\text{surplus air} + \text{defisit air}}{2} \quad (19)$$

Vol. reservoir = persentase volume x Q. kebutuhan x waktu pengaliran

POMPA

Pompa digunakan pada daerah yang memiliki sisa tekan kurang dari persyaratan. Persyaratan sisa tekan adalah (10 < sisa tekan < 100). Berikut adalah spesifikasi pompa EBARA.

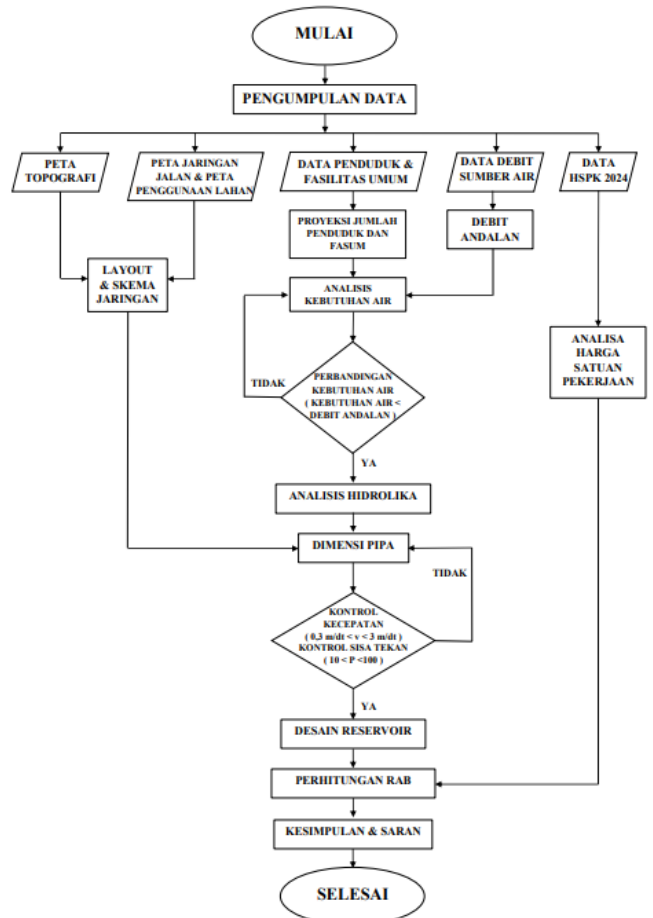


Gambar 1. Spesifikasi Pompa
Sumber : Katalog Pompa Ebara 2024
RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan banyaknya biaya yang dikeluarkan selama pembangunan. Perhitungan RAB dapat dihitung menggunakan rumus :
RAB = Volume pekerjaan x Harga satuan pekerjaan (21)

DIAGRAM ALIR

Berikut adalah diagram alir Analisis Perbandingan jaringan pipa distribusi air bersih Kecamatan Rengel Kabupaten Tuban :



Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
 PROYEKSI PERTUMBUHAN PENDUDUK

Proyeksi penduduk dihitung untuk mengetahui jumlah penduduk pada tahun 2038.

a. Rasio Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan rasio dilakukan menggunakan rumus (4). Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk di Desa Kebon Agung :

Jumlah penduduk tahun 2022 = 2.204 jiwa

Jumlah penduduk tahun 2023 = 2.199 jiwa

$$r = \frac{2.199 - 2.204}{2.204} \times 100\% = -0,002\%$$

Rasio pertumbuhan penduduk dihitung setiap tahun kemudian dihitung rata-rata pertumbuhan setiap desa. Rata-rata pertumbuhan penduduk tahun 2038 tiap desa di Kecamatan Rengel sesuai dengan tabel 2.

Tabel 2. Rasio Pertumbuhan Penduduk

Desa	Rasio
Kebon Agung	0,007
Bulurejo	-0,005
Karangtinoto	0,136
Desa	Rasio
Kebon Agung	0,007
Bulurejo	-0,005
Karangtinoto	0,136
Tambakrejo	0,079
Kanorejo	0,077
Ngadirejo	0,021
Sumberejo	-0,027
Campurejo	-0,014
Banjararum	-0,029
Prambonwetan	-0,009
Banjaragung	0,022
Punggulrejo	0,009
Rengel	-0,045
Sawahan	0,056
Maibit	-0,0083
Pekuwon	-0,010

Hasil perhitungan rasio kemudian digunakan untuk perhitungan proyeksi penduduk. Langkah selanjutnya menghitung nilai standar deviasi untuk memilih metode yang memiliki nilai standar deviasi terkecil yang menjadi acuan pemilihan data proyeksi penduduk. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Rengel pada tahun 2038 mendapatkan hasil sesuai tabel 3.

Tabel 3. Proyeksi Penduduk

DESA	JUMLAH PENDUDUK (jiwa)	
	2023	2038
Kebon Agung	2.199	2.424
Bulurejo	4.170	3.843
Karangtinoto	8.611	26.189
Tambakrejo	4.281	9.333

Kanorejo	4.858	10.451
Ngadirejo	3.108	4.066
Sumberejo	2.665	1.766
Campurejo	2.464	1.995
Banjararum	2.012	1.303
Prambonwetan	2.654	2.334
Banjaragung	4.987	6.651
Punggulrejo	5.154	5.839
Rengel	3.290	1.671
Sawahan	4.472	8.258
Maibit	3.702	3.270
Pekuwon	3.059	2.634
TOTAL	63.709	92.025

KEBUTUHAN AIR BERSIH

Contoh perhitungan kebutuhan air domestik tahun 2038 untuk Desa Kebon Agung :

Jumlah penduduk = 2.424 jiwa

Penduduk terlayani = 90% x 2.424 = 2.181 jiwa

Kebutuhan SR = 2.181 x 100 x 70% / 86.400 = 1,767 lt/dt

Kebutuhan HU = 2.181 x 30 x 30% / 86.400 = 0,227 lt/dt

Berikut hasil perhitungan kebutuhan air domestik Kecamatan Rengel tahun 2038 :

Tabel 4. Kebutuhan Air Domestik

DESA	JML. PENDUDUK TERLAYANI	SR (lt/dt)	HU (lt/dt)	QD TOTAL (lt/dt)
	(Jiwa)			
Kebon Agung	2.181	1,767	0,227	1,994
Bulurejo	3.459	2,802	0,360	3,163
Karangtinoto	23.570	19,096	2,455	21,551
Tambakrejo	8.399	6,805	0,875	7,680
Kanorejo	9.406	7,620	0,980	8,600
Ngadirejo	3.659	2,965	0,381	3,346
Sumberejo	1.590	1,288	0,166	1,453
Campurejo	1.795	1,454	0,187	1,641
Banjararum	1.173	0,950	0,122	1,072
Prambonwetan	2.101	1,702	0,219	1,921
Banjaragung	5.986	4,849	0,623	5,473
Punggulrejo	5.255	4,257	0,547	4,805
Rengel	1.504	1,219	0,157	1,375
Sawahan	7.432	6,021	0,774	6,795
Maibit	2.943	2,384	0,307	2,691
Pekuwon	2.370	1,920	0,247	2,167
TOTAL				75,729

b. Kebutuhan Air Non-Domestik

Kebutuhan air non-domestik dihitung dengan data fasilitas umum yang ada pada tahun 2023 kemudian diproyeksikan selama 15 tahun. Contoh perhitungana proyeksi fasilitas umum masjid di Desa Kebon Agung :

Jumlah masjid tahun 2023 = 4 unit

Jumlah penduduk 2023 = 2.199 jiwa

Jumlah penduduk 2038 = 2.424 jiwa

$$fn = K \times f_0$$

$$= \frac{2.424}{2.199} \times 4$$

$$= 1,1 \times 4$$

$$= 4,4 \approx 4 \text{ unit}$$

Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik untuk Desa Kebon Agung :

Tabel 5. Kebutuhan Air Non-Domestik Desa Kebon Agung

DESA	FASUM	TINGKAT PEMAKAIAN AIR		JML. FASUM 2038	
		Nilai	Satuan	Unit	Orang
Kebon Agung	Sekolah	10	liter/murid/hari	2	219
	Masjid	3.000	liter/unit/hari	4	
	Mushola	3.000	liter/unit/hari	27	
	Pasar	12.000	liter/hektar/hari	0	
	Puskesmas	2.000	liter/unit/hari	1	
	Apotek	2.000	liter/unit/hari	1	
	Gereja	1.000	liter/unit/hari	0	

DESA	KEBUTUHAN AIR		Qnd tiap Desa (lt/dt)
	lt/unit/hari	lt/org/hari	
Kebon Agung		2.190	0,0253
		12.000	0,1389
		81.000	0,9375
		0	0
		2.000	0,0231
		2.000	0,0231
	0	0	1,148

Berikut contoh perhitungan kebutuhan air non-domestik Desa Kebon Agung :

$$Qnd \text{ (masjid)} = \sum \text{fasilitas umum} \times \text{nilai konsumsi}$$

$$= 4 \times 3.000$$

$$= 12.000 \text{ lt/unit/hari.}$$

$$= 0,1389 \text{ lt/dt}$$

Didapatkan hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik Kecamatan Rengel tahun 2038 :

Tabel 6. Kebutuhan Air Non-Domestik

DESA	Qnd (lt/dt)
Kebon Agung	1,148
Bulurejo	0,955
Karangtinoto	0,654
Tambakrejo	0,502
Kanorejo	0,759
Ngadirejo	1,766
Sumberejo	1,175
Campurejo	1,519
Banjararum	0,864
Prambonwetan	1,745
Banjaragung	2,027
Punggulrejo	3,051
Rengel	1,039
Sawah	1,478
Maibit	1,767
Pekuwon	0,482

c. Kehilangan Air

Kehilangan air dihitung dengan mengalikan jumlah kebutuhan air dan kebocoran pipa sebesar 30% sesuai dengan Kriteria Kebutuhan Air Departemen PU Dirjen Cipta Karya Tahun 2000.

$$\text{Kehilangan air} = (Qd+Qnd) \times \text{faktor kehilangan air}$$

$$= (1,194 + 1,148) \times 30\%$$

$$= 0,943 \text{ lt/dt}$$

Tabel 7. Kehilangan Air

DESA	Qha (lt/dt)
Kebon Agung	0,943
Bulurejo	1,235
Karangtinoto	6,662
Tambakrejo	2,455
Kanorejo	2,808
Ngadirejo	1,534
Sumberejo	0,789
Campurejo	0,948
Banjararum	0,581
Prambonwetan	1,100
Banjaragung	2,250
Punggulrejo	2,357
Rengel	0,724
Sawah	2,482
Maibit	1,337
Pekuwon	0,795

d. Kebutuhan Pipa Transmisi dan Distribusi

Kebutuhan pipa transmisi adalah kebutuhan pipa dari sumber menuju reservoir, sedangkan kebutuhan pipa distribusi adalah kebutuhan pipa dari reservoir menuju daerah layanan.

$$\text{Pipa Transmisi} = \text{Keb. air total} \times \text{faktor hari puncak}$$

$$= 4,085 \times 1,1$$

$$= 4,494 \text{ lt/dt}$$

$$\text{Pipa Distribusi} = \text{Keb. air total} \times \text{faktor jam puncak}$$

$$= 4,085 \times 1,5$$

$$= 6,128 \text{ lt/dt}$$

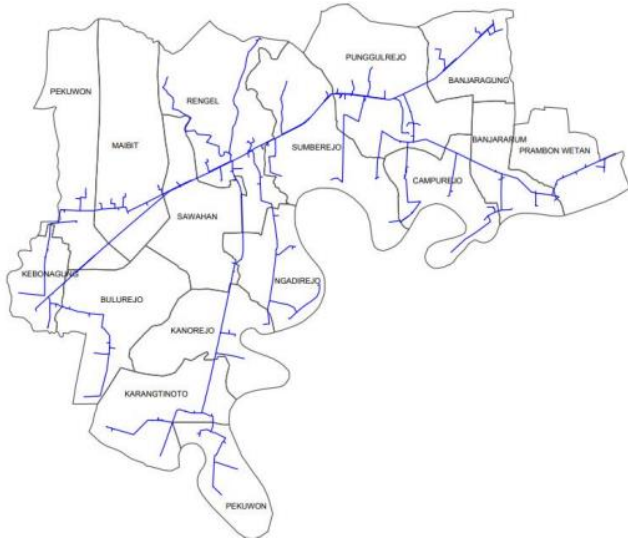
Tabel 8. Kebutuhan Pipa Transmisi dan Distribusi

DESA	Keb. Air Hari Puncak	Keb. Air Jam Puncak
	(lt/dt)	(lt/dt)
Kebon Agung	4,494	6,128
Bulurejo	5,888	8,029
Karangtinoto	31,754	43,301
Tambakrejo	11,700	15,954
Kanorejo	13,384	18,251
Ngadirejo	7,311	9,969
Sumberejo	3,759	5,126
Campurejo	4,519	6,162
Banjararum	2,768	3,775
Prambonwetan	5,242	7,148
Banjaragung	10,725	14,625
Punggulrejo	11,234	15,319
Rengel	3,453	4,708
Sawah	11,831	16,133

Maibit	6,374	8,692
Pekuwon	3,789	5,167

LAYOUT JARINGAN

Berikut adalah *layout* jaringan pipa air bersih Kecamatan Rengel Kabupaten Tuban :



Gambar 3. Layout Jaringan Pipa Kecamatan Rengel

DIMENSI PIPA

Contoh perhitungan dimensi pipa pada node 1-2 pada alternatif perencanaan 1 sebagai berikut :

Diketahui :

- Elevasi tanah hulu = 22,000 m
- Elevasi tanah hilir = 23,000 m
- Panjang pipa = 165 m
- Debit aliran = 139,868 lt/dt = 0,140 m³/dt
- Kemiringan Hidrolis (I) = 0,3
- Diameter Hitung = $\left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times I^{0,54}}\right)^{1/2,63}$
 $= \left(\frac{0,140}{0,2785 \times 140 \times 0,3^{0,54}}\right)^{1/2,63}$
 $= 0,151 \text{ m}$

Dikarenakan diameter 0,151 m tidak terdapat pada katalog pipa, maka digunakan diameter pakai 0,291 m yang memang tersedia.

- Luas Penampang (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,291^2$
 $= 0,066 \text{ m}^2$
- Kehilangan Energi (Hf) = $\left(\frac{Q}{0,2785 \times C_H \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L$
 $= \left(\frac{0,140}{0,2785 \times 140 \times 0,291^{2,63}}\right)^{1,85} \times 165$
 $= 2,021 \text{ m}$
- Kecepatan Aliran (V) = $\frac{Q}{A}$
 $= \frac{0,140}{0,066}$
 $= 2,107 \text{ m/dt}$

- Elv. Pipa Hulu (H₁) = 21,000 m
- Elv. Pipa Hilir (H₂) = 22,000 m
- Elevasi Tinggi Energi Hulu = $H_1 + \frac{v^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma}$
 $= 21 + \frac{2,107^2}{2 \times 9,81} + \frac{94,730}{1}$
 $= 115,956 \text{ m}$
- Elevasi Tinggi Energi Hilir = $H_2 + \frac{v^2}{2g} + H_f$
 $= 22 + \frac{2,107^2}{2 \times 9,81} + 2,021$
 $= 24,247 \text{ m}$
- Sisa Tekan = Elevasi tinggi energi hulu - hilir
 $= 115,956 - 24,247 = 91,709 \text{ m}$
- Kontrol Kecepatan Aliran (v)
 $= v_{min} < v_{hitung} < v_{max}$
 $= 0,3 < \frac{Q}{A} < 3$
 $= 0,3 < 2,107 < 3 \text{ (OK)}$
- Kontrol Debit dalam Pipa (Q kontrol)
 $= A \times V = 0,066 \times 2,021 = 0,140$
 $= Q \text{ kontrol} = Q \text{ hitung}$
 $= 0,140 = 0,140 \text{ (OK)}$

Pada alternatif perencanaan 2 dilakukan perhitungan yang sama dengan alternatif perencanaan 1, namun terdapat perbedaan pada penggunaan dimensi yang mana pada perencanaan 1 menggunakan 17 ukuran dimensi sedangkan pada perencanaan 2 menggunakan 15 ukuran dimensi.

Berikut perbedaan penggunaan ukuran dimensi pada alternatif 1 dan 2 disajikan sesuai tabel berikut :

Tabel 9. Alternatif 1 Dimensi Pipa

URAIAN	PANJANG (m)
Pipa HDPE Ø 20 mm	50,00
Pipa HDPE Ø 25 mm	1.821,98
Pipa HDPE Ø 32 mm	8.467,95
Pipa HDPE Ø 40 mm	4.646,15
Pipa HDPE Ø 50 mm	11.060,69
Pipa HDPE Ø 63 mm	14.262,03
Pipa HDPE Ø 75 mm	2.285,11
Pipa HDPE Ø 90 mm	7.254,46
Pipa HDPE Ø 110 mm	11.905,30
Pipa HDPE Ø 125 mm	1.525,22
Pipa HDPE Ø 160 mm	2.709,15
Pipa HDPE Ø 180 mm	3.218,15
Pipa HDPE Ø 200 mm	740,00
Pipa HDPE Ø 225 mm	2.360,04
Pipa HDPE Ø 250 mm	2.494,32
Pipa HDPE Ø 315 mm	2.791,33
Pipa HDPE Ø 355 mm	131,26

Tabel 10. Alternatif 2 Dimensi Pipa

URAIAN	PANJANG (m)
Pipa HDPE Ø 20 mm	50,00
Pipa HDPE Ø 25 mm	1.821,98
Pipa HDPE Ø 32 mm	6.861,83
Pipa HDPE Ø 40 mm	2.986,01
Pipa HDPE Ø 50 mm	13.242,86

Pipa HDPE Ø 63 mm	15.511,09
Pipa HDPE Ø 75 mm	2.300,11
Pipa HDPE Ø 90 mm	9.971,53
URAIAN	PANJANG (m)
Pipa HDPE Ø 110 mm	9.328,23
Pipa HDPE Ø 125 mm	1.545,23
Pipa HDPE Ø 160 mm	2.369,13
Pipa HDPE Ø 180 mm	3.218,15
Pipa HDPE Ø 200 mm	740,00
Pipa HDPE Ø 225 mm	2.360,00
Pipa HDPE Ø 315 mm	5.416,78

RESERVOIR

Perhitungan *reservoir* berdasarkan debit jam puncak dengan aliran selama 24 jam. Kajian ini merencanakan *reservoir* sebanyak 5 buah.

Contoh perhitungan dimensi *reservoir* untuk *reservoir* 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Persentase vol. reservoir} &= \frac{\text{surplus air} + \text{defisit air}}{2} \\ &= \frac{27,95\% + 27,95\%}{2} \\ &= 27,95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. reservoir} &= \text{Persentase volume} \times \text{Q kebutuhan} \times \text{waktu} \\ &\quad \text{pengaliran} \\ &= 27,95\% \times 0,058 \times 3600 \text{dt} \\ &= 57,966 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan dimensi *reservoir* 4 m x 4 m x 5 m dengan volume rencana 80 m³.

Tabel 11. Dimensi Reservoir

RESERVOIR	Volume Rencana				
	Panjang	Lebar	Tinggi	Volume	
R1	4 m	4 m	5 m	64	m ³
R2	3,5 m	3,5 m	3,5 m	30,6	m ³
R3	7 m	7 m	5 m	196	m ³
R4	6 m	6 m	5,5 m	162	m ³
R5	4 m	4 m	4,5 m	56	m ³

POMPA

Penggunaan pompa diletakkan pada daerah yang memiliki nilai sisa tekan kurang dari 10 m, seperti pada node R3-1 yang memiliki nilai sisa tekan 4,730 m.

Dikarenakan sisa tekan pada node R3 – 1 belum memenuhi persyaratan maka perlu penambahan pompa dengan head 90. Pompa yang digunakan adalah EBARA dengan spesifikasi 250 x 200 FSA (4NA5300) yang memenuhi syarat agar sisa tekan pada node tersebut berada diantara 10 – 100 meter.

Penggunaan pompa pada alternatif 1 adalah sebanyak 31 unit, sedangkan pada alternatif 2 sebanyak 38 unit. Selain itu perbedaan lainnya adalah pada letak pompa eksisting. Pada alternatif 2 pompa eksisting dipindahkan pada area yang memiliki nilai sisa tekan kurang dari persyaratan, hal ini dikarenakan pada lokasi eksisting sisa tekan sudah memenuhi persyaratan.

Berikut adalah rekapitulasi penggunaan pompa pada alternatif 1 dan alternatif 2 :

Tabel 12. Alternatif 1 Penggunaan Pompa

URAIAN	JUMLAH
EBARA 200 x 150 FSA (4KA555)	1
EBARA 250 x 200 FSA (4NA5300)	1
EBARA 200 x 150 FSA (4NA5150)	1
EBARA 100 x 80 FSA (4KA555)	1
EBARA 100 x 80 FSA (2HA515)	1
TORISHIMA CEN 50 x 32 -250	2
TORISHIMA CAL 32-250	7
EBARA 150 x 125 FSA (4LA555)	1
EBARA 80 x 65 FSA (2HA515)	2
EBARA 100 x 80 FSA (2JA537)	2
TORISHIMA CEN 50 x 32 -200	10
EBARA 80 x 65 FSA (4JA522)	1
EBARA 65 x 50 FSA (2JA515)	1
TOTAL	31

Tabel 13. Alternatif 2 Penggunaan Pompa

URAIAN	JUMLAH
EBARA 200 x 150 FSA (4NA5132)	3
EBARA 150 x 100 FSA (4NA150)	1
EBARA 125 x 100 FSA (4LA530)	1
EBARA 50 x 40 FSA (2HA555)	8
TORISHIMA CEN 50 x 32 -200	12
EBARA 80 x 65 FSA (4KA511)	2
EBARA 150 x 125 FSA (4LA575)	1
EBARA 65 x 50 FSA (2JA515)	2
EBARA 100 x 80 FSA (2JA537)	2
EBARA 80 x 65 FSA (2JA522)	4
EBARA 100 x 80 FSA (2JA545)	1
TORISHIMA CEN 50 x 32 -250	1
TOTAL	38

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan data dari Harga Satuan Pokok Pekerjaan Kabupaten Tuban tahun 2024 yang kemudian dikalikan dengan volume pekerjaan.

Berikut disajikan hasil perhitungan RAB untuk alternatif 1 dan 2 :

Tabel 14. Rencana Anggaran Biaya Alternatif 1

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
A. PEKERJAAN PIPA		
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 1.855.805.442,18
2	Pekerjaan Tanah	Rp 7.879.777.810,42
3	Pemasangan Pipa	Rp 11.274.645.303,49
4	Pemasangan Aksesoris Pipa	Rp 3.772.965.989,60
5	Pemasangan Pompa	Rp 596.238.800,00
B. PEKERJAAN RESERVOIR		
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 4.302.261,90
2	Pekerjaan Tanah	Rp 7.728.947,78
3	Pekerjaan Beton	Rp 401.710.996,19
C. PEKERJAAN RUMAH POMPA		
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 1.198.308,92
2	Pekerjaan Tanah	Rp 739.730,64
3	Pekerjaan Pondasi	Rp 22.937.373,61

4	Pekerjaan Struktur Atas	Rp	35.880.959,44
5	Pekerjaan Atap	Rp	26.061.518,93
TOTAL BIAYA		Rp	25.879.993.443,09
PPN 10%		Rp	2.587.999.344,31
JUMLAH BIAYA		Rp	28.467.992.787,40

Tabel 15. Rencana Anggaran Biaya Alternatif 2

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA
A. PEKERJAAN PIPA		
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 1.855.803.821,67
2	Pekerjaan Tanah	Rp 7.870.114.166,22
3	Pemasangan Pipa	Rp 11.987.757.952,58
4	Pemasangan Aksesoris Pipa	Rp 2.804.670.383,11
5	Pemasangan Pompa	Rp 1.144.628.600,00
B. PEKERJAAN RESERVOIR		
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 4.302.261,90
2	Pekerjaan Tanah	Rp 7.728.947,78
3	Pekerjaan Beton	Rp 401.710.996,19
C. PEKERJAAN RUMAH POMPA		
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 1.198.308,92
2	Pekerjaan Tanah	Rp 739.730,64
3	Pekerjaan Pondasi	Rp 22.937.373,61
4	Pekerjaan Struktur Atas	Rp 35.880.959,44
5	Pekerjaan Atap	Rp 26.061.518,93
TOTAL BIAYA		Rp 26.163.535.020,98
PPN 10%		Rp 2.616.353.502,10
JUMLAH BIAYA		Rp 28.779.888.523,08

PERBANDINGAN PERENCANAAN

Ditinjau dari perencanaan 1 dan 2 terdapat perbedaan yaitu pada penggunaan diameter pipa dan hasil perhitungan rencana anggaran biaya. Pada perencanaan 1 mendapatkan hasil perhitungan RAB lebih murah dibandingkan dengan perencanaan 2. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka diambil keputusan bahwa perencanaan 1 dapat menjadi alternatif untuk dilaksanakan.

4. KESIMPULAN

- 1) Jumlah penduduk pada tahun 2038 adalah sebanyak 92.025 jiwa.
- 2) Debit air yang dibutuhkan untuk mengaliri Kecamatan Rengel pada 15 tahun mendatan adalah 188,489 liter/detik.
- 3) *Reservoir* yang direncanakan berjumlah 5 dengan dimensi, 4 x 4 x 5 m, 3,5 x 3,5 x 3,5 m, 7 x 7 x 5 m, 6 x 6 x 5,5 m, dan 4 x 4 x 4,5 m.
- 4) Alternatif 1 menggunakan 17 ukuran dimensi dengan pipa diameter terkecil menggunakan Ø20 mm dan pipa diameter terbesar menggunakan Ø355 mm.
- 5) Alternatif 2 menggunakan 15 ukuran dimensi dengan pipa diameter terkecil menggunakan Ø20 mm dan pipa diameter terbesar menggunakan Ø315 mm.

- 6) Penggunaan pompa pada alternatif 11 sebanyak 31 unit, sedangkan pada alternatif 2 sebanyak 38 unit.
- 7) RAB pada alternatif 1 senilai Rp. 28.467.992.787,40 sedangkan pada alternatif 2 senilai Rp. 28.779.888.532,08.
- 8) Perencanaan pada alternatif 1 dapat dilaksanakan karena mendapatkan hasil akhir yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin, R. N., Harsanti, W., & Charits, M. (2023). PERENCANAAN JARINGAN PIPA TRANSMISI DAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN GEDANGAN KABUPATEN SIDOARJO JAWA TIMUR.pdf. *JOS MRK, Vol. 4*, 19–25.
- [2] Bileam, Sutikno, & Hanggara, I. (2023). Perencanaan jaringan pipa transmisi dan distribusi air bersih Kecamatan Krembung Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Online Skripsi Manajemen ...*, 3(4), 223–229. <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/1035%0Ahttp://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/download/1035/753>
- [3] Haidar, M., Charits, M., & Naibaho, A. (2021). Perencanaan Sistem Jaringan Pipa Air Bersih Di Kecamatan Balongbendo Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *Jurnal JOS-MRK*, 2(4), 33–38. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.04.33-38>
- [4] Hartati, G. (2021). ANALISIS KEBUTUHAN AIR BERSIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR DENGAN METODE ARITMATIK. *JALUSI, Jurnal Ilmu Sipil Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh Volume*, 05(01).
- [5] Kumparan.com. (2021). *Dampak Kemarau, 46 Dusun di Tuban Alami Kekeringan dan Krisis Air Bersih*. <https://kumparan.com/beritabojonegoro/dampak-kemarau-46-dusun-di-tuban-alami-kekeringan-dan-krisis-air-bersih-1wifB4ZPWwv>
- [6] Monika, L. C., Harsanti, W., & Pudjowati, U. R. (2023). *OPTIMASI JARINGAN PIPA AIR BERSIH KECAMATAN NGASEM KABUPATEN BOJONEGORO*. 4(1), 155–162.
- [7] Wirayuda, L. G. (2019). *ANALISA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR PDAM UNIT PRAYA DI KECAMATAN PRAYA KABUPATEN LOMBOK TENGAH*.