

PERENCANAAN JARINGAN PIPA TRANSMISI DAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN TEGALSIWALAN KABUPATEN PROBOLINGGO

Dwirari Febrian Bima Adimanggala Putra¹, Ratih Indri Hapsari², Medi Efendi²

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

Email: badhi43@gmail.com¹, ratih@polinema.ac.id², medipolinema@gmail.com³

ABSTRAK

Kekeringan di Kecamatan Tegalsiwalan mengakibatkan sulitnya air bersih. Sumber air Ronggojalu memiliki sumber yang dapat dimanfaatkan dalam perencanaan penyediaan jaringan pipa transmisi dan distribusi air bersih di Kecamatan Tegalsiwalan. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk, mengetahui kebutuhan air bersih di Kecamatan Tegalsiwalan pada tahun 2040, menentukan dimensi jaringan pipa transmisi dan distribusi air bersih, dimensi reservoir. Data yang dibutuhkan seperti peta kontur untuk merancang skema jaringan pipa yang akan dibuat, data jumlah penduduk untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada 20 tahun yang akan mendatang, dan data debit sumber air untuk menghitung kecukupan sumber. Hasil kajian menunjukkan jumlah penduduk pada tahun 2040 sebanyak 46487 jiwa, debit kebutuhan air bersih 68,8812 lt/detik, pipa transmisi dan distribusi menggunakan pipa HDPE, pipa transmisi sepanjang 13.703,34 m, Ø10 inch sepanjang 13703,44 m, Ø9 inch sepanjang 1607,05 m, Ø8 inch sepanjang 6952,03 m, Ø5 inch sepanjang 14663,29 m, Ø4 inch sepanjang 1682,48 m, Ø2 inch sepanjang 5740,18 m. Reservoir ukuran 5,5 x 5,5 x 4 m. Biaya yang diperlukan adalah Rp. 34.854.249.000,- dan harga air adalah Rp. 1.500 per m³. Dari hasil tersebut maka harga air mengalami penurunan dari harga sebelumnya sebesar Rp. 2.500 per m³.

Kata kunci : perencanaan, jaringan pipa, kebutuhan air.

ABSTRACT

Drought in Tegalsiwalan District has made clean water difficult. The Ronggojalu water source has a source that can be used in planning the provision of clean water transmission and distribution pipelines in Tegalsiwalan District. The purpose of this thesis is to determine the estimated population, determine the need for clean water in Tegalsiwalan District in 2040, determine the dimensions of the clean water transmission and distribution pipeline network.. The data needed are contour maps to design the pipeline scheme to be made, population data to project the population in the next 20 years, and water source discharge data to calculate source adequacy. The results of the study show that the population in 2040 is 46487 people, the debit of clean water needs is 68,8812 lt/s, transmission and distribution pipes use HDPE pipes, transmission pipes along 13,703.34 m. Ø10 inches along 13703,44 m, Ø9 inches along 1607,05 m, Ø8 inches along 6952.03 m, Ø5 inch along 14663.29 m, Ø4 inch along 1682.48 m, Ø2 inch along 5740.18 m. Reservoir size 5.5 x 5.5 x 4 m. The cost required is Rp. 34.854.249.000, - and the price of water is Rp. 1,500 per m³. From these results, the price of water has decreased from the previous price Rp. 2,500 per m³.

Keywords : *planning, pipelines network, water demand*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang sangat penting dan dibutuhkan secara berkelanjutan dan terus menerus. Penggunaan air bersih sangat penting guna diolah untuk konsumsi rumah tangga, dan kebutuhan lainnya antara lain kantor, industri, masjid, sekolah dan lain sebagainya.

Kecamatan Tegalsiwalan memiliki luas wilayah 4173,56 Ha. Dikutip dari harianbhirawa.co.id pada tanggal 11 Oktober 2020 ([https://www.harianbhirawa.co.id/37-dusun-di-15-desa-kab-](https://www.harianbhirawa.co.id/37-dusun-di-15-desa-kab-probolinggo-dilanda-kekeringan/)

[probolinggo-dilanda-kekeringan/](https://www.harianbhirawa.co.id/37-dusun-di-15-desa-kab-probolinggo-dilanda-kekeringan/)), warga di kecamatan Tegalsiwalan mengatasi kekeringan dengan menunggu pasokan air bersih dari BPBD, untuk jumlah pasokan air bersih yang didistribusikan oleh BPBD sebesar 6000 liter setiap pendistribusian yang akan didistribusikan selama 65 hari. Dengan adanya permasalahan tersebut perlu direncanakan perluasan jaringan pipa distribusi air bersih untuk melayani masyarakat di Kecamatan Tegalsiwalan. Oleh karena itu perlu direncanakan sistem jaringan

transmisi dan distribusi secara tepat dan merata dengan memanfaatkan sumber air Ronggojalu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain dimensi jaringan pipa air bersih yang akan distribusikan ke masyarakat Kecamatan Tegalsiwalan Kabupaten Probolinggo untuk mendapatkan kebutuhan air bersih secara merata.

2. METODE

Kebutuhan Air Bersih

a. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi penduduk digunakan untuk memperkirakan pertambahan atau pengurangan jumlah penduduk pada suatu daerah dalam tahun rencana. Untuk menentukan rasio laju pertumbuhan penduduk digunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{\text{jumlah rata-rata pertumbuhan (\%)}}{\text{jumlah tahun data}} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk menghitung jumlah penduduk tahun rencana, data yang digunakan adalah data 7 tahun terakhir. Pertambahan penduduk dianalisa menggunakan metode jumlah penduduk tahun rencana yaitu Metode Aritmatik, Metode Geometrik, dan Metode Eksponensial sebagai berikut.

$$P_n = P_0 \times (1 + (n \cdot r)) \dots\dots\dots(2)$$

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

$$P_n = P_0 \times e^{r \cdot n} \dots\dots\dots(4)$$

b. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang diperlukan untuk rumah tangga seperti mandi, mencuci, dan lain sebagainya.

Kebutuhan air domestik didasarkan pada jumlah penduduk tahun rencana dikalikan dengan kebutuhan air dasar. Kebutuhan air dasar dapat dilihat dalam tabel kebutuhan air dari DPU Dirjen Cipta Karya Tahun 2000 dengan melihat kategori kebutuhan air berdasarkan jumlah penduduk.

c. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air selain kebutuhan rumah tangga atau disebut juga kebutuhan air untuk fasilitas umum. Kebutuhan air dasar fasilitas umum dapat dilihat dalam tabel kebutuhan air dari DPU Dirjen Cipta Karya Tahun 2000 dengan melihat jenis fasilitas umum. Jumlah fasilitas umum yang ada dan diproyeksikan sepanjang tahun perencanaan kemudian dikalikan dengan kebutuhan dasar air bersih fasilitas umu. Rumus perhitungan fasilitas umum sebagai berikut.

$$f_n = \frac{\text{jumlah penduduk tahun ke-n}}{\text{jumlah penduduk tahun awal}} \times \text{jumlah fasilitas tahun awal} \dots\dots\dots(5)$$

Kebutuhan Debit Tersedia

Debit tersedia diperoleh dari debit sumber tersedia dikurangi dengan debit kebutuhan Kota Probolinggo.

$$Q_{\text{tersedia}} = Q_{\text{sumber}} - Q_{\text{kebutuhan kota probolinggo}} \dots\dots\dots(6)$$

Sistem dan Desain Jaringan

Jaringan pipa merupakan komponen utama dalam sistem jaringan air bersih yang didalamnya terdapat jaringan transmisi dan jaringan distribusi.

Sistem transmisi air bersih adalah sistem yang terdiri dari pipa panjng yang membawa air dai penampungan atau reservoir ke jaringan distribusi di lokasi konsumen berada.

Jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan.

Pada perhitungan perencanaan digunakan berbagai metode yang dapat dibenarkan, pada perhitungan ini untuk menghitung kehilangan tenaga dalam pipa digunakan persamaan Hazen – William sebagai berikut :

$$S = \frac{\text{Elevasi tanah hulu-elevasi tanah hilir}}{\text{panjang pipa}} \dots\dots\dots(7)$$

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times X \times i^{0,54}} \right)^{1/2,63} \dots\dots\dots(8)$$

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(9)$$

Kehilangan tinggi energi dihitung menggunakan persamaan Bernoulli seperti berikut :

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(10)$$

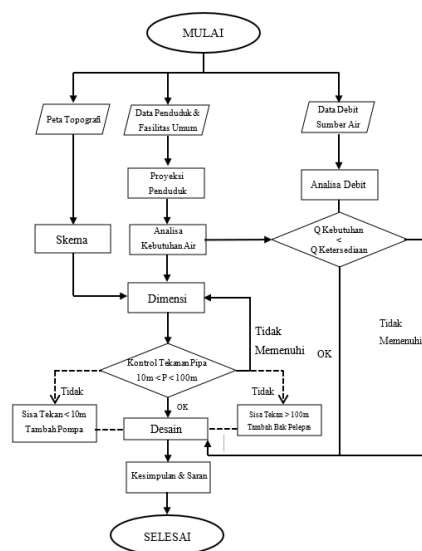
$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots(11)$$

$$h_f = \left(\frac{Q}{0,278 \times C_H \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \dots\dots\dots(12)$$

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w} + h_L \dots\dots\dots(13)$$

Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Bersih

a. Proyeksi Jumlah Penduduk

Dari data jumlah penduduk 7 tahun terakhir dapat dihitung rasio pertambahan penduduk dan jumlah penduduk tahun rencana yaitu tahun 2040, proyeksi penduduk yang digunakan yaitu metode aritmatik, geometrik dan eksponensial dengan nilai standar deviasi terkecil yang menjadi tolok ukur pemilihan proyeksi penduduk tahun 2040. Berikut ini contoh perhitungan rasio dan laju pertumbuhan penduduk pada desa Malasan Wetan menggunakan ketiga metode diatas :

- Rasio Pertumbuhan Penduduk

$$r = \frac{(-6,92\%) + 8,64\% + 0,17\% + 0,51\% + 4,36\% + 5,66\%}{6}$$

$$r = 2,04\%$$
- Metode Aritmatik

$$P_n = 3288 \times (1 + (1 \times 2,04\%))$$

$$P_n = 3355 \text{ jiwa}$$
- Metode Geometrik

$$P_n = 3288 \times (1 + 2,04\%)^1$$

$$P_n = 3355 \text{ jiwa}$$
- Metode Eksponensial

$$P_n = 3288 \times 2.7182818^{2,04\% \times 1}$$

$$P_n = 3356 \text{ jiwa}$$

Tabel 2. 1 Rasio Pertumbuhan Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk

Desa	r . i	P ₂₀₁₉ (Jiwa)	P ₂₀₄₀ (Jiwa)
Malasan Wetan	2,04%	3.288	4.695
Gunung Bekel	0,74%	1.932	2.232
2.916Tegalsono	0,46%	2.658	2.916
Bulujaran Kidul	4,37%	3.230	6.196
Bulujaran Lor	1,60%	3.446	4.604
Paras	0,07%	3.316	3.366
Tegalsiwalan	-0,81%	4.699	3.967
Banjarsawah	-0,13%	3.827	3.726
Sumberbulu	-0,52%	3.431	3.077
Sumberkledung	3,12%	2.623	4.341
Blado Kulon	1,55%	5.148	6.825
Tegalmojo	-1,89%	804	541
Jumlah Penduduk (jiwa)		34996	46.487

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Kebutuhan Air Domestik

Jumlah penduduk Kecamatan Tegalsiwalan pada tahun proyeksi 2040 sebesar 46487 jiwa. Berdasarkan jumlah penduduk ditiap desa, maka Kecamatan Tegalsiwalan masuk dalam kategori V yaitu desa dengan tingkat pelayanan 80%, SR 80 lt/org/hr, dan HU 30 lt/org/hr. Berikut contoh perhitungan di desa Malasan Wetan :

- Jumlah Penduduk = 4695 jiwa
- Tingkat Pelayanan = 80% x 4695 = 3756 jiwa
- Sambungan Rumah (SR) = 3756 x 80 = 300500 lt/hr
- Hidran Umum (HU) = 3756 x 30 = 112687 lt/hr

Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan air domestik di Kecamatan Tegalsiwalan dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Kebutuhan Air Domestik

Desa	Jum. Pend. Th 2040	Juml. Pend. Terly ni	SR (lt/hr)	HU (lt/hr)
Malasan Wetan	4.695	3.756	300.500	112.687
Gunung Bekel	2.232	1.786	142.858	53.572
Tegalsono	2.916	2.333	186.631	69.987
Bulujaran Kidul	6.196	4.957	396.562	148.711
Bulujaran Lor	4.604	3.683	294.635	110.488
Paras	3.366	2.693	215.415	80.781
Tegalsiwalan	3.967	3.174	253.913	95.217
Banjarsawah	3.726	2.981	238.495	89.436
Sumberbulu	3.077	2.461	196.911	73.842
Sumberkledung	4.341	3.473	277.852	104.194
Blado Kulon	6.825	5.460	436.777	163.791
Tegalmojo	541	433	34.609	12.978

Sumber : Hasil Perhitungan

c. Kebutuhan Air Non Domestik

Perhitungan kebutuhan air non domestic berdasarkan kriteria perencanaan Dirjen Cipta Karya DPU, data yang digunakan data fasilitas umum tiap desa yang kemudian dihitung proyeksi tahun rencana. Contoh perhitungan proyeksi jumlah Posyandu di desa Malasan Wetan sebagai berikut :

$$fn = \frac{4695}{3288} \times 4 = 5,71, \text{ dibulatkan menjadi } 6 \text{ unit.}$$

Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan air non domestik

Tabel 2. 3 Kebutuhan Air Non Domestik

Desa	Qnd (lt/hr)
Malasan Wetan	43.468,90
Gunung Bekel	34.938,54
Tegalsono	48.041,58
Bulujaran Kidul	74.029,31
Bulujaran Lor	78.640,91
Paras	50.315,77
Tegalsiwalan	164.193,72
Banjarsawah	30.311,15
Sumberbulu	55.576,91
Sumberkledung	101.755,51
Blado Kulon	116.613,37
Tegalmojo	70.721,44

Sumber : Perhitungan

d. Kehilangan Air, Kebutuhan Air Total, dan Kebutuhan Air Jam Puncak

Kehilangan air dihitung dari nilai 20-30% terhadap nilai $Q_{SR} + Q_{HU} + Q_{Nd}$, diambil cotoh Desa Malasan Wetan

Contoh Perhitungan: Malasan Wetan

$$\text{Kehilangan air} = 20\% \times (300.500 + 112.687 + 43.468,90) = 91.331,18 \text{ lt/hari}$$

Kebutuhan air total didapatkan dari hasil jumlah perhitungan antara kebutuhan air perkapita untuk sambungan rumah, hidran umum, kehilangan air di sambungan rumah dan hidran umum, serta kebutuhan air non domestik

$$\text{Kebutuhan Total} = (300.500 + 112.687 + 43.468,90 +$$

$$91.331,18) \\ = 547.987,05 \text{ lt/hari}$$

Kebutuhan air jam puncak didapatkan dari hasil jumlah perhitungan antara kebutuhan air perkapita untuk sambungan rumah, hidran umum, kehilangan air di sambungan rumah dan hidran umum, serta kebutuhan air non domestik yang dikalikan nilai faktor jam puncak

$$\text{Kebutuhan Jam Puncak} = (300.500 + 112.687 + 43.468,90 + 91.331,18) \times 1.5 \\ = 821.980,5786 \text{ lt/hari}$$

$$\text{Kebutuhan air m}^3/\text{dt} = \text{Kebutuhan Air Pipa Distribusi} \\ \times \left(\frac{0,001}{3600 \times 24}\right) \\ = 821.980,5786 \times \left(\frac{0,001}{3600 \times 24}\right) \\ = 0,0095 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan air total

Tabel 2. 4 Kebutuhan Air Total

Desa	Qnd (lt/hr)	Q _{jam puncak} (m ³ /dt)
Malasan Wetan	547.987,05	0,0095
Gunung Bekel	277.641,60	0,0048
Tegalsono	365.591,45	0,0063
Bulujaran Kidul	743.163,02	0,0129
Bulujaran Lor	580.516,82	0,0101
Paras	415.813,57	0,0072
Tegalsiwalan	615.988,41	0,0107
Banjarsawah	429.890,40	0,0075
Sumberbulu	391.596,05	0,0068
Sumberkledung	580.562,07	0,0101
Blado Kulon	860.618,64	0,0149
Tegalmojo	141.970,47	0,0025
Total Kebutuhan	5.951.339,5459	0,1033

Sumber : Hasil Perhitungan

Total kebutuhan air bersih sebesar 0,1033 m³/dt

Debit Sumber Air

Debit sumber air menggunakan debit tersedia sumber air ronggojalu tahun 2015 yang dikurangkan dengan debit kebutuhan Kota Probolinggo. Debit andalan didapat dari hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan Januari:

$$Q \text{ Tersedia} = 2650 \text{ lt/detik pada musim kemarau} \\ = 2450 \text{ lt/detik pada musim penghujan}$$

$$Q \text{ Kebutuhan Kota Probolinggo} = 360 \text{ lt/detik}$$

$$Q \text{ yang dicari} = 2650 - 360 \\ = 2290 \text{ lt/detik}$$

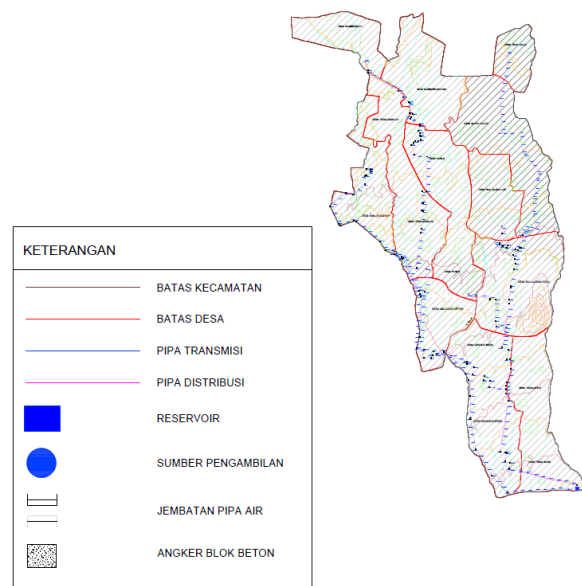
Debit tersedia harus lebih besar atau sama dengan debit rencana kebutuhan. Setelah diketahui debit kebutuhan, maka debit rencana kebutuhan di Kecamatan tegalsiwalan menjadi Kapasitas debit rencana = debit tersedia > total kebutuhan = 2290 lt/detik > 0,1033 m³/dt

(Memenuhi)

Sistem dan Desain Jaringan Pipa

Perencanaan jaringan perpipaan terdiri dari pipa-pipa yang terhubung dari awal hingga akhir saluran, dengan memperhatikan peta kontur pada peta RBI, penentuan jalur pipa dan panjang setiap node pipa ditentukan berdasarkan peta RBI yang telah diinterpolasi. Untuk menganalisis perhitungan laju aliran dan ukuran pipa perlu diketahui elevasi dan Panjang tiap node. Panjang jaringan yang direncanakan adalah 44348,37m dengan jarak antar node pipa adalah 50 m, 100m, dan 200m jaringan pipa direncanakan menggunakan pipa HDPE.

Berdasarkan peta topografi dan elevasi kontur masing-masing node pipa, sehingga dapat digambarkan jaringan pipa air bersih pada Gambar 2.



Gambar 2. Jaringan Pipa Kecamatan Tegalsiwalan

Dari gambar rencana jaringan pipa dapat dilakukan perhitungan analisa hidrolika untuk mengetahui dimensi pipa pada jaringan yang akan digunakan. Berikut perhitungan analisa hidrolika jaringan pipa menggunakan metode Hazen-William dengan menggunakan contoh perhitungan pada pipa node 1-2 (Sumber - Reservoir) :

Diketahui :

$$\text{Jarak (L)} = 61,69 \text{ m} \\ \text{Debit (Q)} = 0,00758 \text{ m}^3/\text{det} \\ \text{Koef. Pipa (C)} = 140 \\ \text{V.maks} = 4,5 \text{ m/det} \\ \text{v.min} = 0,3 \text{ m/det}$$

sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

1. Menentukan diameter pipa

$$S = \frac{39,56 - 38,18}{61,59}$$

$S = 0,0224$

Koefisien kekasaran pipa HDPE (C_H) = 140

$$D = \left(\frac{0,0758}{0,278 \times 140 \times -0,0483^{0,54}} \right)^{\left(\frac{1}{2,63} \right)}$$

$D = 0.204 \text{ m}$

$D = 204 \text{ mm}$

Diameter pakai dapat dilihat pada tabel diameter yang mendekati dengan diameter perhitungan.

Diameter pakai = 0.250 mm

Tabel 2. 5 Rekapitulasi Diameter Pipa

Nama Pipa			Diameter (inch)
S	-	R	10
R	-	D1	9
D1	-	D2	9
D2	-	D3	8
D3	-	D4	8
D4	-	D5	5
D5	-	D6	5
D6	-	D7	5
D7	-	D8	2
D6	-	D9	5
D5	-	D16	4
D3	-	D10	8
D10	-	D11	5
D11	-	D12	5
D11	-	D13	5
D13	-	D14	5
D14	-	D15	5

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Menghitung luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.250^2 = 0.0491 \text{ m}^2$$

3. Hilang tekan (H_f)

$$h_f = \left(\frac{0.0758}{0.278 \times 140 \times 0.250^{2.63}} \right)^{1.85} \times 61,59$$

$h_f = 0,506 \text{ m}$

4. Menghitung kecepatan aliran dan debit aliran

Kontrol kecepatan (v) = Q/A

= $0,00758/0,0491$

= $1,54356 \text{ m/s} \rightarrow \text{OKE}$

$(0.3 \text{ m/s} \leq v \leq 4,5 \text{ m/s}) \rightarrow (0.5 \text{ m/s} \leq 1,531 \text{ m/s} \leq 4,5 \text{ m/s})$

Kontrol debit (Q) = $v \times A$

= $1,54356 \text{ m/s} \times 0.250$

= $0,00758 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{OKE}$

$(Q \text{ kontrol} \geq Q \text{ kebutuhan}) \rightarrow (0,00758 \text{ m}^3/\text{s} \geq 0,00758 \text{ m}^3/\text{s})$

5. Hilang tekanan mayor

El. tinggi energi hulu = $38,56 + 1,54356^2/(2 \times 9,8)$
= $38,68 \text{ m}$

El. tinggi energi hilir = $37,18 + 1,54356^2/(2 \times 9,81) + 0,499$
= $37,81 \text{ m}$

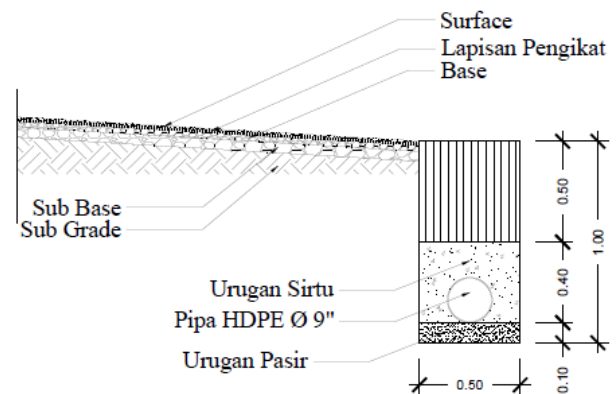
Sisa Tekan = Elevasi tinggi energi Hulu – Elevasi tinggi Hilir
= $38,56 \text{ m} - 37,81 \text{ m}$
= $0,873 \text{ m}$ (Tidak Memenuhi)

Perhitungan sisa tekanan dalam pipa untuk mengetahui masih bisakah alir mengalir dalam pipa tersebut. Tekanan yang diijinkan dalam pipa adalah 10 m – 100 m. (Dirjen Air Bersih PU – Cipta Karya). Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa tekanan yang ada pada pipa masih banyak yang tidak sesuai dari yang di syaratkan, untuk memenuhi tekanan pada setiap pipa maka diperlukan pompa agar dapat memenuhi syarat. Dicoba ditambahkan pompa dengan kapasitas tekan = 50 m Sehingga :

P sisa tekan = Head Pompa + P sebelum
= $50 \text{ m} + 0,873 \text{ m}$

= $50,873 \text{ m}$ (Memenuhi > 10m)

Berdasarkan perhitungan diatas dapat digambarkan dimensi potongan melintang pada gambar 3.



Gambar 3. Potongan Melintang Pipa Ø9 inch

Dari perhitungan dimensi dan sisa tekan, kemudian dihitung kebutuhan reservoir dan jadwal pompanya. Dikarenakan sumber listrik yang digunakan adalah genset, maka dibutuhkan tenaga penjaga ruang generator yang bekerja selama 8 jam perhari. 8 jam dari asumsi bekerjanya pompa setiap harinya mulai pukul 05.00 s/d 09.00 WIB dan pukul 13.00 s/d 17.00 WIB. Jam operasi pompa dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2. 6 Jadwal Operasi Pemompaan Reservoir

	Jml	Sup. Air	Pem.	Tot	Tot.	Volume Reservoir (m ³)
--	-----	----------	------	-----	------	------------------------------------

Waktu	. Ja m	Per Jam %	Per Jam %	Supp. %	Pem. %	Surplus Defisit	
22.00 - 05.00	7		0.75		5.25		-5.25
05.00 - 06.00	1	4.17	4	4.17	4		0.17
06.00 - 07.00	1	4.17	6	4.17	6	-1.83	
07.00 - 09.00	2	4.17	8	8.34	16		-7.66
09.00 - 10.00	1		6		6		-6
10.00 - 13.00	3		5		15		-15
13.00 - 17.00	4	4.17	6	16.68	24		-7.32
17.00 - 18.00	1		10		10		-10
18.00 - 20.00	2		4.5		9		-9
20.00 - 21.00	1		3		3		-3
21.00 - 22.00	1		1.75		1.75		-1.75
Jumlah	24				100	-1.83	-64.81

Sumber : Hasil Perhitungan

Rencana Anggaran Biaya

Tabel 2. 7 Rencana Anggaran Biaya

No.	URAIAN PEKERJAAN	SAT	VOLUME	HARGA SAT. (Rp)		JUMLAH (Rp)
I. PEKERJAAN PERSIAPAN						
1	Pembersihan lokasi	m ²	22174,18	Rp	15.583	Rp 345.540.310
2	Pengukuran dan pemasangan bowplank	m'	804,00	Rp	121.641	Rp 97.799.364
				SUB TOTAL	Rp	443.339.674
II. PEKERJAAN PIPA						
1	Galian Tanah	m ³	21370,66		87613,00	1872347660,86
2	Urugan Pasir	m ³	2217,42		170695,00	378502234,64
3	Urugan Sirtu	m ³	7993,77		159821,00	1277571798,75
4	Timbunan Tanah	m ³	8919,40		51923,00	463121844,20
5	Pemasangan Pipa					
a.	Pemasangan Pipa HDPE Ø 2"	m	5740,18		76536,00	439330431,79
b.	Pemasangan Pipa HDPE Ø 4"	m	1682,48		219595,00	369463097,63
c.	Pemasangan Pipa HDPE Ø 5"	m	14663,29		286445,00	4200227421,70
d.	Pemasangan Pipa HDPE Ø 8"	m	6952,03		711565,00	4946824428,99
e.	Pemasangan Pipa HDPE Ø 9"	m	1607,05		898900,00	1444574997,75
f.	Pemasangan Pipa HDPE Ø 10"	m	13703,34		1105210,00	15145064312,12
6	Aksesoris Pipa					Rp 141.212.000
				SUB TOTAL	Rp	30.678.240.228
III. PEKERJAAN RESERVOIR						
1	Galian Tanah	m ³	18,24		87613	1598061,12
2	Pasangan Batu Kosong + Urugan Pasir	m ²	5,472		485681	2657646,432
3	Pasangan Batu Kali	m ³	9,12		905573	8258825,76
4	Timbunan Tanah	m ³	3,648		51923	189415,104
5	Sloof	m ³	0,912		3908724	3564756,288
6	Beton bertulang K-250	m ³	30,4323		4191333	127551903,3
7	Bekisting	m ²	206,338		88286	18216756,67
				SUB TOTAL	Rp	162.037.365
IV. PEKERJAAN POMPA						
1	Pemasangan Pompa Air	Set	10,00	Rp	40.206.358	Rp 402.063.580
				SUB TOTAL	Rp	402.063.580
				JUMLAH	Rp	31.685.680.847
				PPN 10%	Rp	3.168.568.085
				TOTAL (A+B)	Rp	34.854.248.932
				TOTAL DIBULATKAN	Rp	34.854.249.000

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa rencana anggaran biaya dilakukan untuk mengetahui jumlah harga yang terdapat dalam proyek pembangunan jaringan pipa. Nilai jumlah harga didapatkan dari hasil perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Berikut contoh perhitungan pekerjaan pembersihan :

Diketahui :

$$\text{Volume} = 22174,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga satuan} = \text{Rp. } 15.583,00/\text{m}^2$$

Maka, anggaran biaya untuk pekerjaan pembersihan lahan adalah :

$$\text{RAB} = \text{volume} \times \text{harga satuan pekerjaan}$$

$$= 22174,18 \times \text{Rp. } 15.583,00$$

$$= \text{Rp. } 345.540.310$$

Jadi biaya yang diperlukan pada pekerjaan pembersihan lahan lokasi proyek yaitu sebesar Rp. 345.540.310

Analisa Investasi

a. Depresiasi

Depresiasi adalah nilai penyusutan suatu barang, aset atau peralatan dalam jangka waktu tertentu. Berikut contoh perhitungan depresiasi :

$$\text{Harga awal pompa} = \text{Rp } 34.700.000$$

$$\text{Umur ekonomis} = 20 \text{ Tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Sisa} &= \text{diasumsikan harga sisa adalah} \\ &50\% \text{ dari harga awal pompa} \\ &= \text{Rp } 17.350.000 \end{aligned}$$

Depresiasi Pompa

$$\begin{aligned} R &= 1 - \sqrt[20]{\frac{17.350.000}{34.700.000}} \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dt1} &= 0,034 \times (1-0,034)^{1-1} \times 34.700.000 \\ &= \text{Rp } 1.182.009,39 \end{aligned}$$

b. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya Operasional pada analisa ini terdiri dari biaya gaji karyawan, operasional sarana, dan pemeliharaan. Biaya Operasional diasumsikan mengalami kenaikan setiap 5 tahun.

$$\begin{aligned} \text{Honor ketua} &= 1 \times \text{harga satuan} \times 30 \text{ hari} \\ &= 1 \times \text{Rp } 110.000 \times 30 \text{ hari} \\ &= \text{Rp } 3.300.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Genset} &= 30 \text{ hari} \times \text{harga satuan} \\ &= 30 \times \text{Rp } 525.000 \\ &= \text{Rp } 15.750.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perawatan} &= 30 \text{ hari} \times \text{harga satuan} \\ &= 30 \times \text{Rp } 350.000 \\ &= \text{Rp } 10.500.000 \end{aligned}$$

c. Harga Air

Lihat pada tabel 2.8 harga air asumsi sebesar Rp. 1152/m³ telah memenuhi nilai kelayakan NPV dan BCR, sehingga nilai NPV dan BCR sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{kum. PV Biaya} - \text{kum. PV Pendapatan} \\ &= \text{Rp } 50.514.242.253 - \text{Rp } 50.514.242.253 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{NPV} = 0, \text{ artinya tidak terjadi untung atau rugi}$$

$$\begin{aligned} \text{BCR} &= \text{kumulatif PV Biaya/kumulatif PV Pendapatan} \\ &= \text{Rp } 50.514.242.253/\text{Rp } 50.514.242.253 \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\text{BCR} = 1, \text{ artinya usulan diterima atau layak}$$

Tabel 2. 8 Harga Air

Tahun	Biaya Konstruksi	Biaya O&M	Biaya Depresiasi	Biaya	Faktor Bunga	Present Value Biaya	Kum Present Value Biaya	Pendapatan Air	Present Value Pendapatan Air	Kum Present Value Pendapatan Air
2020	Rp 34.854.249.000			Rp 34.854.249.000	1	Rp 34.854.249.000	Rp 34.854.249.000	Rp 3.752.299.286	Rp 3.752.299.286	Rp 3.752.299.286
2021		Rp 1.171.980.000	Rp 1.182.009	Rp 1.173.162.009	0,9524	Rp 1.117.297.152	Rp 35.971.546.152	Rp 3.752.299.286	Rp 3.573.618.367	Rp 7.325.917.653
2022		Rp 1.171.980.000	Rp 1.141.746	Rp 1.173.121.746	0,9070	Rp 1.064.056.005	Rp 37.035.602.157	Rp 3.752.299.286	Rp 3.403.446.064	Rp 10.729.363.717
2023		Rp 1.171.980.000	Rp 1.102.854	Rp 1.173.082.854	0,8638	Rp 1.013.353.075	Rp 38.048.955.232	Rp 3.752.299.286	Rp 3.241.377.204	Rp 13.970.740.921
2024		Rp 1.171.980.000	Rp 1.065.287	Rp 1.173.045.287	0,8227	Rp 965.067.260	Rp 39.014.022.493	Rp 3.752.299.286	Rp 3.087.025.909	Rp 17.057.766.830
2025		Rp 1.230.579.000	Rp 1.028.999	Rp 1.231.607.999	0,7835	Rp 964.997.094	Rp 39.979.019.587	Rp 3.752.299.286	Rp 2.940.024.675	Rp 19.997.791.505
2026		Rp 1.230.579.000	Rp 993.947	Rp 1.231.572.947	0,7462	Rp 919.018.695	Rp 40.898.038.282	Rp 3.752.299.286	Rp 2.800.023.500	Rp 22.797.815.004
2027		Rp 1.230.579.000	Rp 960.090	Rp 1.231.539.090	0,7107	Rp 875.231.839	Rp 41.773.270.121	Rp 3.752.299.286	Rp 2.666.689.047	Rp 25.464.504.052
2028		Rp 1.230.579.000	Rp 927.386	Rp 1.231.506.386	0,6768	Rp 833.531.996	Rp 42.606.802.117	Rp 3.752.299.286	Rp 2.539.703.855	Rp 28.004.207.907
2029		Rp 1.230.579.000	Rp 895.796	Rp 1.231.474.796	0,6446	Rp 793.819.633	Rp 43.400.621.750	Rp 3.752.299.286	Rp 2.418.765.576	Rp 30.422.973.483
2030		Rp 1.292.107.950	Rp 865.282	Rp 1.292.973.232	0,6139	Rp 793.773.403	Rp 44.194.395.154	Rp 3.752.299.286	Rp 2.303.586.263	Rp 32.726.559.745
2031		Rp 1.292.107.950	Rp 835.807	Rp 1.292.943.757	0,5847	Rp 755.957.437	Rp 44.950.352.590	Rp 3.752.299.286	Rp 2.193.891.679	Rp 34.920.451.424
2032		Rp 1.292.107.950	Rp 807.336	Rp 1.292.915.286	0,5568	Rp 719.943.610	Rp 45.670.296.200	Rp 3.752.299.286	Rp 2.089.420.647	Rp 37.009.872.071
2033		Rp 1.292.107.950	Rp 779.835	Rp 1.292.887.785	0,5303	Rp 685.645.997	Rp 46.355.942.197	Rp 3.752.299.286	Rp 1.989.924.425	Rp 38.999.796.496
2034		Rp 1.292.107.950	Rp 753.271	Rp 1.292.861.221	0,5051	Rp 652.982.771	Rp 47.008.924.967	Rp 3.752.299.286	Rp 1.895.166.119	Rp 40.894.962.615
2035		Rp 1.356.713.348	Rp 727.612	Rp 1.357.440.960	0,4810	Rp 652.952.311	Rp 47.661.877.279	Rp 3.752.299.286	Rp 1.804.920.114	Rp 42.699.882.729
2036		Rp 1.356.713.348	Rp 702.827	Rp 1.357.416.174	0,4581	Rp 621.847.990	Rp 48.283.725.268	Rp 3.752.299.286	Rp 1.718.971.537	Rp 44.418.854.266
2037		Rp 1.356.713.348	Rp 678.886	Rp 1.357.392.234	0,4363	Rp 592.225.735	Rp 48.875.951.004	Rp 3.752.299.286	Rp 1.637.115.749	Rp 46.055.970.015
2038		Rp 1.356.713.348	Rp 655.761	Rp 1.357.369.108	0,4155	Rp 564.014.901	Rp 49.439.965.904	Rp 3.752.299.286	Rp 1.559.157.856	Rp 47.615.127.871
2039		Rp 1.356.713.348	Rp 633.423	Rp 1.357.346.771	0,3957	Rp 537.148.209	Rp 49.977.114.113	Rp 3.752.299.286	Rp 1.484.912.244	Rp 49.100.040.116
2040		Rp 1.424.549.015	Rp 611.846	Rp 1.425.160.861	0,3769	Rp 537.128.140	Rp 50.514.242.253	Rp 3.752.299.286	Rp 1.414.202.137	Rp 50.514.242.253

Sumber : Hasil Perhitungan

Jadi, harga air yang digunakan per m³ sebesar Rp 1152 hal ini karena nilai NPV dan BCR sudah layak. Selanjutnya akan diambil keuntungan, diasumsikan keuntungan sebesar 10%, maka harga air per m³ akan dikali dengan presentase keuntungan.

$$\text{Harga air} = \text{Rp } 1152 \times 10\%$$

$$= \text{Rp } 115$$

$$\text{Harga air} = \text{Rp } 1152 + \text{Rp } 115$$

$$= \text{Rp } 1267 \text{ dibulatkan Rp } 1500$$

Jadi harga air untuk Kecamatan Tegalsiwalan sebesar Rp 1500, harga air ini lebih rendah dari harga air Kabupaten Probolinggo, tarif air di Kabupaten Probolinggo sebesar Rp 2500 per m³.

4. KESIMPULAN

Jumlah penduduk pada tahun 2040 sebanyak 46.487 jiwa dengan

- 1) Jumlah penduduk pada tahun 2040 sebanyak 46.487 jiwa dengan
- 2) Kebutuhan air total di Kecamatan Tegalsiwalan sebesar 0,1033 m³/detik.
- 3) Jaringan pipa transmisi yang direncanakan menggunakan pipa jenis HDPE sepanjang 44.348,37 m dengan rincian diameter dan panjang pipa sebagai berikut :
 - a. Diameter 10" sepanjang 13.703,34 m
 - b. Diameter 9" sepanjang 1.607,05 m
 - c. Diameter 8" sepanjang 6.952,03 m
 - d. Diameter 5" sepanjang 14.663,29 m
 - e. Diameter 4" sepanjang 1.682,48 m
 - f. Diameter 2" sepanjang 5.740,18 m
- 4) Sisa Tekan pada pipa transmisi ada yang belum memenuhi sehingga harus ditambah pompa untuk memenuhi sisa tekan.

- 5) Dimensi reservoir untuk memenuhi kebutuhan air adalah 5,5m x 5,5m x 4m dan Pompa yang digunakan adalah Pompa EBARA 150 x 125 FSLA.
- 6) Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan ini sebesar Rp 34.854.249.000.
- 7) Harga air bersih di Kecamatan Tegalsiwalan seharga Rp. 1.500 per m³. Harga ini mengalami penurunan dari harga air saat ini, yaitu sebesar Rp. 2.500 per m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum Tentang Pengembangan SPAM. 2000.
- [2] CD Soemarto, 1987. *Hidrolika Teknik*. Surabaya :Usaha Nasional
- [3] Klass, Dua K.S.Y, 2009. *Desain Jaringan Pipa Prinsip Dasar dan Aplikasi*. Bandung : Mandar Maju.
- [4] Joko, Tri, 2010. *Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Sasongko, Djoko, 1985. *Teknik Sumber Daya Air*. Yogyakarta : Andi Offset.
- [6] Triatmojo, Bambang, 2016, *Hidraulika I : Cetakanke-15*, Yogyakarta, Beta Offset.