

homepage: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/> ISSN: 2722-9203 (media online/daring)

PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH GUNA MEMENUHI KEBUTUHAN AIR PADA BERBAGAI SEKTOR DI KECAMATAN LUMBANG

Yusrina Adhila Rahma¹, Medi Efendi², Ikrar Hanggara³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

yusrinaadhila@gmail.com¹, medipolinema@gmail.com², i.hanggara@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Kecamatan Lumbang merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Pasuruan yang berada pada ketinggian 100 – 2000 mdpl. Keringnya daerah aliran sungai dan ketidakmungkinan dilakukannya pengeboran akibat struktur tanah menjadi faktor utama terjadinya krisis air bersih di wilayah tersebut. Oleh karena itu, digunakan sumber Mata Air Banyu Biru di Kecamatan Winongan dengan elevasi $\pm 27,8671$ mdpl. Skripsi ini bertujuan untuk menghitung debit kebutuhan air di Kecamatan Lumbang berdasarkan sektor domestik, non domestik dan peternakan pada tahun 2042 serta debit ketersediaan air di sumber yang digunakan, menentukan diameter pipa yang memenuhi dan rencana anggaran biaya dalam merealisasikannya beserta analisa ekonomi serta menentukan metode yang dapat digunakan dalam pelaksanaannya. Penelitian dilaksanakan menggunakan metode kuantitatif dan didapatkan debit kebutuhan air di Kecamatan Lumbang pada tahun 2042 sebesar 54,64 liter/detik dan debit ketersediaan dari mata air Banyu Biru sebesar 90,70 liter/detik. Dimensi pipa terbesar yang digunakan adalah 10” dan terkecil 1,5”. Terdapat 5 unit reservoir dengan dimensi berbeda. Untuk mewujudkan rencana tersebut, perkiraan anggaran sebesar Rp. 33.452.450.000. Perencanaan jaringan air di Kecamatan Lumbang ini dikatakan layak berdasarkan perhitungan BCR dengan hasil $B/C > 1$, yaitu 1,137 dan NPV senilai Rp. 499.368.910. *Payback period* akan terjadi pada 9 tahun 7 bulan 27 hari. Penentuan harga air saat $B = C$ sebesar Rp. 3.516,65 /m³ dan saat $B/C > 1$ sebesar Rp. 4.000,00 /m³. Apabila terdapat subsidi konstruksi dari pemerintah sebesar 100%, harga air adalah Rp. 591,66 /m³ dan apabila subsidi hanya sebesar 50%, harga air Rp. 2.054,16 /m³. Pada pelaksanaannya, digunakan metode khusus yang untuk mencapai efisiensi kerja.

Kata Kunci : jaringan pipa, RAB, analisa ekonomi

ABSTRACT

Lumbang District is one of the areas in Pasuruan Regency which is at an altitude of 100 – 2000 meters above sea level. Dry watersheds and the impossibility of drilling due to soil structure are the main factors causing the clean water crisis in the region. Therefore, the source of Banyu Biru Springs in Winongan District is used with an elevation of ± 27.8671 masl. This thesis aims to calculate the water demand discharge in Lumbang District based on the domestic, non-domestic and livestock sectors in 2042 as well as the availability of water at the source used, determine the pipe diameter that meets the requirements and the budget plan for realizing it along with economic analysis and determine the methods that can be used in its implementation. The research was carried out using a quantitative method and it was found that the water demand discharge in Lumbang District in 2042 was 54.64 liters/second and the availability discharge from the Banyu Biru spring was 90.70 liters/second. The largest pipe dimension used is 10” and the smallest is 1.5”. There are 5 reservoir units with different dimensions. To realize the plan, an estimated budget of Rp. 33,452,450,000. The planning of the water network in Lumbang District is said to be feasible based on BCR calculations with $B/C > 1$, namely 1.137 and an NPV of Rp. 499,368,910. Payback period will occur in 9 years 7 months 27 days. Determination of the price of water when $B = C$ is Rp. 3,516.65 /m³ and when $B/C > 1$ is Rp. 4,000.00 /m³. If there is a construction subsidy from the government of 100%, the water price is Rp. 591.66 /m³ and if the subsidy is only 50%, the price of water is Rp. 2,054.16 /m³. In its implementation, special methods are used to achieve work efficiency.

Keywords : Pipe Network, RAB, Economic Analysis

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Lumbang merupakan salah satu wilayah administratif yang berada di Kabupaten Pasuruan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Pasuruan, Kecamatan Lumbang memiliki luas wilayah 125,64 km² dan terletak pada ketinggian 100 - 2000 mdpl.

Sebagai salah satu wilayah penghasil susu sapi terbesar di Jawa Timur, kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang tentunya sangat besar. Akan tetapi, ketersediaan air bersih di desa tersebut tidak mampu memenuhi jumlah yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan oleh ketidakterediaan daerah aliran sungai yang dapat dimanfaatkan. Selain itu, struktur tanah yang didominasi oleh bebatuan besar menjadi penghalang apabila masyarakat mengambil opsi dengan membuat sumur bor dalam memenuhi kebutuhan air. Dengan kondisi tersebut, untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih, masyarakat mengandalkan sumber air dari wilayah sekitar yang telah tercukupi (Kurniawan, Sholichin & Cahya 2018).

Mengacu pada permasalahan tersebut, untuk memenuhi kebutuhan air dalam waktu 20 tahun ke depan tentu tidak mudah. Sistem distribusi air bersih yang ada perlu ditinjau dan direncanakan ulang guna memenuhi memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik dari sektor domestik, sektor non domestik hingga sektor peternakan. Sumber air yang tersedia harus dimanfaatkan dengan baik dan benar sehingga mampu memenuhi kebutuhan masyarakat.

Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun rencana dan mengetahui kelas dari suatu daerah pelayanan. Proyeksi jumlah penduduk diawali dengan menentukan rasio laju pertumbuhan penduduk.

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

Setelah diketahui nilai rasio, jumlah penduduk dapat diproyeksikan dengan 3 metode.

Metode Aritmatika

$$P_t = P_0 \times (1 + n \times r) \quad (2)$$

Metode Geometrik

$$P_t = P_0 \times (1 + r)^n \quad (3)$$

Metode Eksponensial

$$P_t = P_0 \times e^{r \times n} \quad (4)$$

Proyeksi Jumlah Fasilitas

proyeksi fasilitas bertujuan untuk mengetahui debit kebutuhan dari sektor Non-Domestik. Semakin banyak fasilitas dalam suatu wilayah, semakin besar pula kebutuhan airnya.

$$f_n = w \times f_0 \quad (5)$$

$$w = \frac{P_n}{P_0} \quad (6)$$

Proyeksi Hewan Ternak

Proyeksi hewan ternak dilakukan guna mengetahui kebutuhan air dalam sektor peternakan, yang dimana kebutuhan air dibedakan berdasarkan jenis hewan ternak (Harsanti & Khamim, 2019). Dalam memproyeksikan jumlah hewan ternak, dapat dilakukan dengan menggunakan metode aritmatika dan geometri seperti pada proyeksi jumlah penduduk serta terdapat metode Least Square.

$$Y = A + bX \quad (7)$$

Debit Kebutuhan

Kebutuhan air bersih ditinjau dari beberapa aspek, yaitu kebutuhan sektor domestik, non domestik dan sektor pelengkap. Selain itu, diperhitungkan pula debit kebutuhan harian rata-rata, kehilangan air, kebutuhan rencana, kebutuhan jam puncak dan harian maksimum.

a. Kebutuhan Air Sektor Domestik

Kebutuhan air sektor domestic dapat dihitung berdasarkan keperluan air dalam rumah tangga.

$$\text{Sambungan Rumah (SR)} = \text{Jumlah penduduk terlayani} \times \text{konsumsi SR} \times \text{prosentase} \quad (8)$$

$$\text{Hydran Umum (HU)} = \text{Jumlah penduduk terlayani} \times \text{konsumsi HU} \times \text{prosentase} \quad (9)$$

$$Q_{\text{domestik}} = \text{SR} + \text{HU} \quad (10)$$

b. Kebutuhan Air Sektor Non-Domestik

Kebutuhan air sektor non domestic dihitung berdasarkan jumlah fasilitas tersedia yang dikalikan dengan nilai konsumsi dari fasilitas tersebut.

$$Q_{\text{nd}} = \Sigma \text{Fasilitas Umum} \times \text{Nilai Konsumsi} \quad (11)$$

c. Kebutuhan Air Sektor Peternakan

Berdasarkan SNI 2002 Mengenai Penyusunan Neraca Sumber Daya Air Spasial, kebutuhan air berdasarkan sektor peternakan dapat dihitung dengan cara mengkalikan jumlah hewan ternak dengan kebutuhan air tiap jenisnya.

$$Q_L = \left((q_{(c/b)} \times P_{(c/b)}) + (q_{(s/g)} \times P_{(s/g)}) + (q_{(p/i)} \times P_{(p/i)}) + (q_{(p/o)} \times P_{(p/o)}) \right) \quad (12)$$

d. Kebutuhan Air Harian Rata-Rata

Kebutuhan air harian rata-rata didapatkan dengan cara menjumlahkan semua kebutuhan air dalam berbagai sektor.

e. Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan hilangnya sejumlah air akibat adanya kerusakan atau tidak sesuainya pemasangan dan perawatan sambungan. DPU Dirjen Cipta Karya menetapkan bahwa besar kehilangana air adalah 20 – 30% dari kebutuhan air harian rata-rata.

f. Debit Rencana Kebutuhan Air Bersih

Debit rencana kebutuhan air bersih merupakan akumulasi dari debit kebutuhan harian rata-rata dengan debit kehilangan air.

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

g. Debit Harian Maksimum

Debit harian maksimum merupakan debit rencana yang digunakan sebagai debit dalam pipa transmisi.

$$Q_{\text{harian maks}} = Q_r \times 1,1 \quad (14)$$

h. Debit Jam Puncak

Debit jam puncak digunakan pula sebagai penentu besarnya debit pada pipa distribusi.

$$Q_{\text{jam puncak}} = Q_r \times \text{faktor jam puncak} \quad (15)$$

Dimensi Pipa

Dimensi pipa yang digunakan dalam suatu saluran atau jaringan harus melebihi dimensi pipa hitung atau yang diperlukan.

$$\phi_{\text{pipa}} = \left\{ \frac{Q_{\text{kebutuhan}}}{(0,2779 \times C_H \times I)^{0,54}} \right\}^{\frac{1}{2,63}} \quad (16)$$

Kehilangan Tekan

Hilangnya suatu tekanan pada pipa dipengaruhi oleh perbedaan tekanan antar hulu dan hilir, diameter pipa, kecepatan aliran dan sebagainya.

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

Sisa Tekan

Sisa tekan pada suatu jaringan pipa memiliki nilai minimum dan maksimum. Adapun batasan sisa tekan pada jaringan transmisi sebesar 10 – 60 m pada sistem pompa, kurang dari 70 pada sistem gravitasi, jaringan distribusi memiliki batasan kuat tekan 10 – 40 m. Selain itu, sisa tekan pada pipa dapat ditentukan berdasarkan nilai kekuatan pipa yang digunakan.

Reservoir

Reservoir merupakan elemen konstruksi yang penting dalam suatu perencanaan jaringan air bersih. Penentuan dimensi reservoir dapat dilakukan dengan menghitung kapasitas berguna dari bak yang akan disediakan.

$$\text{Kapasitas berguna} = \text{vol. max. reservoir} + 10\% \quad (18)$$

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan elemen penting dalam proyek konstruksi. Perhitungan RAB berguna untuk menentukan estimasi biaya yang diperlukan dalam suatu proyek.

Perhitungan RAB dilakukan dengan cara mengalikan volume suatu pekerjaan dengan harga satuan dari pekerjaan tersebut.

Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa ekonomi merupakan suatu perhitungan untuk menentukan apakah usulan suatu proyek bersifat layak atau tidak untuk diterapkan.

Analisa Biaya

Analisa biaya merupakan perbandingan dari biaya pekerjaan yang berguna untuk menentukan apakah kegiatan yang dilaksanakan akan bermandat dalam bidang bisnis.

a. Biaya Modal

Biaya modal merupakan jumlah dari biaya langsung dan biaya tak langsung.

b. Biaya Tahunan

Biaya tahunan merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh owner saat proyek selesai dan mulai untuk dimanfaatkan.

Analisa Benefit

Analisa benefit merupakan analisa manfaat proyek dengan mempertimbangkan keuntungan yang diperoleh selama umur proyek berlangsung.

Analisa Harga Air

a. BCR

BCR atau Benefit Cost Ratio merupakan salah satu metode evaluasi proyek yang mengutamakan manfaat bagi umum.

$$BCR = \frac{\text{Nilai sekarang benefit}}{\text{Nilai sekarang biaya}} = \frac{PV(B)}{PV(C)} \quad (19)$$

Apabila nilai BCR lebih dari 1, maka usulan proyek dapat diterima. Apabila nilai BCR kurang dari 1, maka usulan proyek tidak layak.

b. NPV

Net Present Value merupakan selisih antar nilai investasi saat ini dengan nilai penerimaan kas bersih operasional saat ini maupun di masa depan.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{C_{it}}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_{ot}}{(1+i)^t} \quad (20)$$

Usulan proyek dikatakan layak apabila nilai NPV lebih dari 0.

c. Payback Period

Payback period merupakan analisa durasi pengembalian modal suatu proyek. Apabila pengembalian modal dapat berjalan kurang dari umur rencana, atau usia guna bangunan, maka investasi dikatakan layak.

$$K(\text{PBP}) = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual Benefit}} \quad (21)$$

2. METODE

Pada penelitian ini, dibutuhkan data primer dan data sekunder yang akan diolah hingga mendapat hasil akhir perencanaan. Data primer didapatkan melalui survey langsung maupun wawancara dengan pihak terkait. Pada penelitian ini, dilakukan wawancara kepada petugas pengelola sumber mata air Banyu Biru guna mengetahui kondisi eksisting dari sumber tersebut. Data sekunder didapatkan dari instansi terkait di Kabupaten Pasuruan. Adapun data sekunder yang diperoleh berupa data jumlah penduduk, jumlah fasilitas, jumlah hewan ternak dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Pasuruan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan jaringan pipa berada di Kecamatan Lumbang, Kabupaten Pasuruan.

Proyeksi Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk yang digunakan dalam acuan untuk melakukan proyeksi merupakan data tahun 2016 hingga 2022. Sebagai contoh perhitungan, digunakan analisa terhadap Desa Panditan.

$$R_{2017} = \left(\frac{\text{penduduk 2017} - \text{penduduk 2016}}{\text{penduduk 2016}} \right) \times 100\%$$

$$R_{2017} = \left(\frac{2750 - 2742}{2742} \right) \times 100\%$$

$$R_{2017} = 0,29\%$$

Setelah didapatkan nilai r pertahun, dihitung nilai r rata-rata.

$$R_{2017} = \frac{\text{jumlah nilai laju pertumbuhan penduduk pertahun}}{\text{jumlah data}}$$

$$R_{2017} = \frac{0,003 + 0,000 + 0,028 + (-0,011) + 0,005 + 0,004}{6}$$

$$R_{2017} = 0,49\%$$

Apabila nilai r rata-rata telah didapatkan, proyeksi jumlah penduduk dapat dilakukan.

Perhitungan Metode Aritmatika

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

$$P_{2042} = 2.823 \times (1 + 20 \times 0,49\%)$$

$$P_{2042} = 3.101 \text{ jiwa}$$

Perhitungan Metode Geometrik

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

$$P_{2042} = 2.823 \times (1 + 0,5\%)^{20}$$

$$P_{2042} = 3.115 \text{ jiwa}$$

Perhitungan Metode Eksponensial

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

$$P_{2042} = 2.823 \times (2,718282)^{0,5\% \times 20}$$

$$P_{2042} = 3.116 \text{ jiwa}$$

Perhitungan Simpang Deviasi

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_r)^2}{(n-1)}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{128.879}{(20-1)}}$$

$$S_d = 82$$

Tabel 4.1 Proyeksi Penduduk Desa Panditan

Tahun	Metode					
	Aritmatika		Geometri		Eksponensial	
	xi	(xi-xr) ²	xi	(xi-xr) ²	xi	(xi-xr) ²
2023	2.837	17.491	2.837	18.747	2.837	18.843
2024	2.851	14.002	2.851	15.112	2.851	15.190
2025	2.865	10.901	2.865	11.853	2.865	11.914
2026	2.879	8.188	2.879	8.976	2.879	9.023
2027	2.893	5.863	2.893	6.488	2.893	6.521
2028	2.907	3.925	2.908	4.393	2.908	4.416
2029	2.920	2.374	2.922	2.698	2.922	2.712
2030	2.934	1.211	2.936	1.409	2.937	1.416
2031	2.948	436	2.951	531	2.951	534
2032	2.962	48	2.965	72	2.966	73
2033	2.976	48	2.980	38	2.980	38
2034	2.990	436	2.995	433	2.995	436
2035	3.004	1.211	3.009	1.266	3.010	1.273
2036	3.018	2.374	3.024	2.543	3.025	2.556
2037	3.032	3.925	3.039	4.270	3.040	4.292
2038	3.046	5.863	3.054	6.453	3.055	6.486
2039	3.060	8.188	3.069	9.099	3.070	9.147
2040	3.074	10.901	3.084	12.216	3.085	12.280
2041	3.088	14.002	3.100	15.810	3.100	15.893

2042	3.101	17.491	3.115	19.887	3.116	19.992
Jumlah	59.383		59.477		59.485	
Rata - Rata	2.969		2.974		2.974	
SD	82		87		87	
			82			

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan simpang deviasi, didapatkan jumlah penduduk Desa Panditan tahun 2042 sebesar 3.101 jiwa.

Proyeksi Jumlah Fasilitas

Proyeksi jumlah fasilitas menggunakan acuan jumlah fasilitas pada tahun 2022.

Sebagai contoh digunakan proyeksi TK di Desa Panditan.

$$w = \frac{\text{jumlah penduduk tahun 2042}}{\text{jumlah penduduk tahun 2022}}$$

$$w = \frac{3101}{2823}$$

$$w = 1,09863$$

Setelah nilai w didapatkan, dicari jumlah fasilitas TK pada tahun 2042.

$$f_n = w \times f_0$$

$$f_n = 1,09863 \times 2$$

$$f_n = 2,19726 \approx 3 \text{ unit}$$

Selanjutnya, dilakukan proyeksi terhadap jumlah pengguna fasilitas.

$$\frac{\text{murid TK tahun ke } n}{\text{murid TK tahun awal}} = \frac{\text{penduduk tahun ke } n}{\text{penduduk tahun awal}}$$

$$\frac{\text{murid TK tahun 2042}}{68} = \frac{3.101}{2.823}$$

Murid TK tahun 2042 adalah 75 jiwa dan jumlah guru ada 8 jiwa.

Proyeksi Hewan Ternak

Berikut merupakan contoh perhitungan proyeksi hewan ternak berupa sapi pada tahun 2042 di Desa Panditan.

Diketahui :

$$P_{C0} = 2.870 \text{ ekor}$$

$$T_0 = 2022$$

$$K_a = \frac{1}{T_2 - T_1} \times \left(\frac{P_2}{P_1} - 1 \right)$$

$$= \frac{1}{2022 - 2016} \times \left(\frac{2.870}{2.316} - 1 \right)$$

$$= 0,0399$$

$$= 3,99\%$$

$$\text{Nilai } r = \left(\frac{P_n}{P_0} \right)^{\frac{1}{n} - 1}$$

$$= \left(\frac{2.870}{2.316} \right)^{\frac{1}{7} - 1}$$

$$= 0,0311$$

$$= 3,11\%$$

Perhitungan Metode Aritmatika

$$P_n = P_0 \times (1 + (K_a \times (T_n - T_0)))$$

$$= 2.870 \times (1 + (3,99\% \times (2042 - 2022)))$$

$$= 5.158 \text{ ekor}$$

$$S_d = 677$$

Perhitungan Metode Geometri

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \times (1 + r)^n \\ &= 2.870 \times (1,311\%)^{20} \\ &= 5.297 \text{ ekor} \end{aligned}$$

$$S_d = 727$$

Perhitungan Metode Least Square

$$Y = a + bX$$

Dimana,

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{jumlah hewan ternak tiap tahun yang diketahui}}{\text{jumlah tahun yang diketahui}} \\ &= \frac{20.812}{7} \\ &= 2.973 \end{aligned}$$

Dan

$$b = \frac{\text{Koefisien arah regresi linier}}{\text{jumlah tahun yang diketahui}}$$

$$b = \frac{-3.909}{28}$$

$$b = 74$$

$$\begin{aligned} Y &= a + bX \\ &= 2.973 + (74 \times 23) \\ &= 4.683 \text{ ekor} \end{aligned}$$

$$S_d = 440$$

Berdasarkan perhitungan dengan hasil simpang deviasi terkecil, didapatkan jumlah sapi di Desa Panditan pada tahun 2042 adalah sebanyak 4.683 ekor.

Debit Kebutuhan

a. Kebutuhan Air Sektor Domestik

Kebutuhan air sektor domestik di Desa Panditan pada tahun 2042 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Sambungan Rumah (SR)} &= (3.101 \times 90\%) \times 100 \times 70\% \\ &= 195.426 \text{ liter/hari} \\ &= 2,26 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hydran Umum (HU)} &= (3.101 \times 90\%) \times 30 \times 30\% \\ &= 25.126 \text{ liter/hari} \\ &= 0,29 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{domestik}} &= SR + HU \\ &= 195.390 + 25.122 \\ &= 220.512 \text{ liter/hari} \\ &= 2,55 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Sektor Non-Domestik

Kebutuhan air sektor non-domestik dihitung dengan contoh kebutuhan air pada TK di Desa Panditan.

$$\begin{aligned} Q_{\text{nd}} &= 82 \text{ jiwa} \times 10 \\ &= 820 \text{ liter/hari} \\ &= 0,010 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Sektor Peternakan

Pada perhitungan kebutuhan air sektor peternakan, digunakan contoh perhitungan kebutuhan air terhadap sapi di Desa Panditan

$$Q_{\text{sapi}} = \left((q_{(c/b)} \times P_{(c/b)}) \right)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sapi}} &= 4.683 \times 40 \\ &= 187.334 \text{ liter/ekor/hari} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Air Harian Rata-Rata

Kebutuhan air rata-rata di Desa Panditan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{\text{rt}} &= Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}} + Q_{\text{peternakan}} \\ &= 2.553 + 0,372 + 2,572 \\ &= 5,528 \text{ liter/detik} \\ &= 477.628,005 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

d. Kehilangan Air

Kehilangan air rata-rata di Desa Panditan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{\text{ha}} &= 15\% \times Q_{\text{rt}} \\ &= 15\% \times 5,528 \\ &= 0,829 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

e. Debit Rencana Kebutuhan Air Bersih

Debit rencana kebutuhan air bersih di Desa Panditan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{\text{r}} &= Q_{\text{d}} + Q_{\text{nd}} + Q_{\text{ha}} \\ &= 2.553 + 0,404 + 2,572 + 0,829 \\ &= 6,357 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

f. Debit Harian Maksimum

Debit harian maksimum di Desa Panditan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{\text{harian maks}} &= 6,357 \times 1,1 \\ &= 6,993 \text{ liter/detik} \\ &= 0,007 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

g. Debit Jam Puncak

Debit jam puncak di Desa Panditan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_{\text{jam puncak}} &= 6,357 \times 1,5 \\ &= 9,536 \text{ liter/detik} \\ &= 0,010 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Dimensi Pipa

Dimensi pipa transmisi di Desa Panditan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \phi_{\text{pipa}} &= \left\{ \frac{Q_{\text{kebutuhan}}}{(0,2779 \times C_H \times I)^{0,54}} \right\}^{\frac{1}{2,63}} \\ \phi_{\text{pipa}} &= \left\{ \frac{0,0070}{(0,2779 \times 140 \times 0,012)^{0,54}} \right\}^{\frac{1}{2,63}} \\ \phi_{\text{pipa}} &= 0,093 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, dimensi pipa yang dibutuhkan sebesar 0,093. Maka dicari ukuran diameter pakai pipa yang mendekati diameter hitung pipa.

$$\begin{aligned} \phi_{\text{dalam}} &= \frac{\phi_{\text{luar pipa}} - (2 \times \text{tebal dinding pipa})}{1000} \\ \phi_{\text{dalam}} &= \frac{140 - (2 \times 8,3)}{1000} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{dalam}} = 0,1234 \text{ meter}$$

$$\phi_{\text{pakai}} = 140 \text{ mm atau } 5 \text{ inch.}$$

Kehilangan Tekan

Kehilangan tekan dari pipa transmisi Desa Panditan adalah sebagai berikut.

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

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

$$H_f = \frac{(0,007)^{1,85}}{(0,2785 \times (0,123)^{2,63} \times 140)^{1,85}} \times 2.394,531$$

$$H_f = 0,023256 \text{ m}$$

Diketahui bahwa pipa transmisi Desa Panditan merupakan sambungan akhir dari pipa transmisi di perencanaan jaringan air bersih Kecamatan Lumbang, maka nilai hf kumulatif dari pipa transmisi Desa Panditan atau pipa transmisi menuju Reservoir D harus ditambah dengan nilai kumulatif dari Reservoir C.

$$H_{f_{kumulatif}} = H_{f_{kumulatif\ x}} + H_{f_{kumulatif\ x-1}}$$

$$H_{f_{kumulatif}} = 0,517766 + 0,023256$$

$$H_{f_{kumulatif}} = 0,541021 \text{ m}$$

Sisa Tekan

Didapatkan sisa tekan pada pipa transmisi Desa Panditan sebesar -165,041 m. Pada kondisi ini, sisa tekan pada pompa tidak memenuhi standar yang berlaku karena kurang dari 10 m.

Direncanakan penambahan pompa centrifugal sebanyak 1 unit Pompa Air XS 250 - 800 dengan Total Head 200 meter

$$\text{Sisa Tekan} = E_{i_{hulu}} - E_{i_{hilir}} + TH_{pompa}$$

$$\text{Sisa Tekan} = 434 - 599,041 + 200$$

$$\text{Sisa Tekan} = 35,959 \text{ m}$$

Reservoir

Pada perencanaan reservoir di Desa Panditan, ditentukan bahwa jam pelayanan dilakukan dalam 24 jam dengan supply air 25.175 liter/jam.

Tabel 4.3 Surplus Defisit Air Reservoir D

Jam	Supply Air (liter)	Pemakaian faktor liter	Surplus (liter)	Defisit (liter)
00.00 - 01.00	25.175	-	25.175	-
01.00 - 02.00	25.175	-	25.175	-
02.00 - 03.00	25.175	-	25.175	-
03.00 - 04.00	25.175	-	25.175	-
04.00 - 05.00	25.175	1	34.330	-9.155
05.00 - 06.00	25.175	1,5	51.494	-26.319
06.00 - 07.00	25.175	2	68.659	-43.484
07.00 - 08.00	25.175	2	68.659	-43.484
08.00 - 09.00	25.175	2	68.659	-43.484
09.00 - 10.00	25.175	2	68.659	-43.484
10.00 - 11.00	25.175	1	34.330	-9.155
11.00 - 12.00	25.175	1	34.330	-9.155
12.00 - 13.00	25.175	1	34.330	-9.155
13.00 - 14.00	25.175	1	34.330	-9.155
14.00 - 15.00	25.175	2	68.659	-43.484
15.00 - 16.00	25.175	1	34.330	-9.155
16.00 - 17.00	25.175	2	68.659	-43.484
17.00 - 18.00	25.175	1,5	51.494	-26.319
18.00 - 19.00	25.175	1	34.330	-9.155
19.00 - 20.00	25.175	1	34.330	-9.155

20.00 - 21.00	25.175	1	34.330	-9.155		
21.00 - 22.00	25.175	-	-	25.175		
22.00 - 23.00	25.175	-	-	25.175		
23.00 - 00.00	25.175	-	-	25.175		
				24	176.225	-395.934

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan defisit maksimal harian adalah sebesar 43.383,05 liter atau 43,383 m³ dan defisit minimal harian sebesar 9.154,54 liter. Dengan demikian didapatkan volume maksimum dari reservoir sebesar 52,6386 m³.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas berguna} &= 52,6386 + (52,6386 \times 10\%) \\ &= 57,9025 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, direncanakan dimensi resevoir sebesar 5 × 4 × 3,5 m atau 70m³.

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan dengan cara mengalikan volume dengan harga satuan pekerjaan. sebagai contoh digunakan analisa harga satuan pekerjaan pemasangan pipa distribusi Ø5 atau 125 mm dari reservoir C menuju node C1. Diketahui panjang node C – C1 adalah 406,3637 m dengan analisa harga satuan pemasangan pipa Ø5 adalah Rp. 413.929,62

Dengan analisa tersebut, dapat dihitung jumlah harga yang diperlukan dalam instalasi pipa C – C1 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 AHSP Pemasangan 1 m' Pipa HDPE Ø5

No	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,045	Rp. 145.600	Rp. 6.552,00
	Tukang pipa	OH	0,023	Rp. 150.600	Rp. 3.463,80
	Mandor	OH	0,005	Rp. 160.600	Rp. 803,00
JUMLAH TENAGA KERJA					Rp. 10.818,80
B	BAHAN				
	Pipa HDPE Ø 125 mm	m	1,000	Rp. 301.620	Rp. 301.620,00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp. 301.620,00
C	PERALATAN				
	Sewa tripot & handle crane 2 T	hari	0,019	Rp. 2.500.000	Rp. 47.500,00
JUMLAH HARGA ALAT					Rp. 47.500,00
D	Jumlah (A+B+C)				Rp. 359.938,80
E	Overhead & Profit			15%	Rp. 53.990,82
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				Rp. 413.929,62

Sumber : AHSP Dinas PU Kab. Pasuruan Tahun 2023

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Harga} &= \text{Vol. Pekerjaan} \times \text{harga satuan} \\ &= 406,3637 \text{ m} \times \text{Rp. 413.929,62} \\ &= \text{Rp}168.205.971,92 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan volume dan analisa harga satuan pekerjaan menggunakan harga satuan pekerjaan di Kabupaten Pasuruan Tahun 2023, didapatkan nilai RAB

atau estimasi biaya dalam pekerjaan jaringan air Kecamatan Lumbang sebesar Rp. 33.452.450.000.

Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa ekonomi dari perencanaan jaringan air di Kecamatan Lumbang adalah sebagai berikut.

Analisa Biaya

a. Biaya Modal

Diketahui bahwa biaya konstruksi dari perencanaan ini sebesar Rp. 33.452.450.000. Dengan demikian, didapatkan biaya tak langsung sebagai berikut.

Tabel 4.5 Biaya Modal

No	Uraian Pekerjaan	Harga
1	Biaya Langsung	Rp. 33.452.450.000
2	Biaya Tidak Langsung	Rp. 4.641.527.438
Jumlah Biaya Modal		Rp. 38.093.977.438

Dari perhitungan tersebut, maka didapatkan biaya modal dengan menjumlahkan biaya langsung (biaya konstruksi) dengan biaya tak langsung hingga didapatkan hasil sebesar Rp. 38.093.977.438.

b. Biaya Tahunan

Biaya tahunan dalam kegiatan ini direncanakan selama 20 tahun dan digunakan suku bunga BI 5,75% berdasarkan suku bunga BI 22 Juni 2023.

Perhitungan analisa biaya modal tahunan dapat dilakukan dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} \text{Biaya pertahun} &= \text{Jumlah Biaya Modal} \times \frac{F}{P} \times \frac{A}{P} \\ &= \text{Rp. } 38.093.977.438 \times 1,058 \times 0,085 \\ &= \text{Rp. } 3.441.232.785 \end{aligned}$$

Selain itu, biaya tahunan juga dipengaruhi oleh biaya operasional dan pemeliharaan. Pada kasus kali ini, biaya pemeliharaan dan operasional dibutuhkan sebesar Rp. 191.980.915.

Biaya total rencana dengan pelayanan 100% dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya tahunan} &= \text{Biaya modal tahunan} + \text{biaya O \& P} \\ &= \text{Rp. } 3.441.232.785 + \text{Rp. } 191.980.915 \\ &= \text{Rp. } 3.633.213.700 \end{aligned}$$

Analisa Benefit

Analisa benefit atau manfaat dalam perencanaan jaringan air Kecamatan Lumbang dihitung dengan menggunakan parameter B = C sehingga parameter yang dipakai sama dengan 1.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya tahunan} &= \text{Rp. } 3.622.213.700 \\ \text{Harga Air} &= \frac{\text{Total biaya tahunan}}{\text{total kebutuhan air}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 3.622.213.700}{1.033.145,65 \text{ m}^3/\text{tahun}} \\ &= \text{Rp. } 3.516,65 /\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total manfaat harga air minimum} &= \text{total kebutuhan air} \times \text{harga air} \\ &= 1.033.145,65 \text{ m}^3/\text{tahun} \times \text{Rp. } 3.516,65 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 3.633.213.700 /\text{tahun}$$

Analisa Harga Air

a. BCR

perhitungan BCR dapat dilakukan dengan cara berikut.

Cost

$$\text{Total biaya tahunan} = \text{Rp. } 3.633.213.700$$

Benefit

$$\text{Total biaya manfaat} = \text{Rp. } 4.132.582.610 /\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{B/C} &= \frac{\text{Total Biaya Manfaat}}{\text{Total Biaya Tahunan}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 4.132.582.610}{\text{Rp. } 3.633.213.700} \\ &= 1,137 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, diketahui bahwa hasil perhitungan B/C memiliki nilai lebih dari 1, sehingga usulan proyek dapat diterima dan dikatakan layak secara ekonomi.

$$\text{BCR} = \frac{\text{Nilai sekarang benefit}}{\text{Nilai sekarang biaya}} = \frac{\text{PV (B)}}{\text{PV (C)}} \quad (19)$$

b. NPV

NPV dapat dihitung dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{B} - \text{C} \\ &= \text{Rp. } 4.132.582.610 - \text{Rp. } 3.633.213.700 \\ &= \text{Rp. } 499.368.910 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan diatas, disapatkan nilai NPV bernilai positif dan lebih dari 0, sehingga usulan proyek diterima dan realisasi proyek akan bersifat menguntungkan. .

c. Payback Period

Payback period apabila pekerjaan perencanaan jaringan pipa Kecamatan Lumbang direalisasikan dapat dihitung dengan menggunakan cara berikut.

$$\begin{aligned} \text{K(PBP)} &= \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual Benefit}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 38.093.977.438}{(\text{Rp. } 4.132.582.610 - \text{Rp. } 191.980.915)} \\ &= 9,67 \text{ tahun} \\ &= 9 \text{ tahun } 7 \text{ bulan } 27 \text{ hari} \end{aligned}$$

d. Penetapan Harga Air

Penetapan harga air dapat ditinjau melalui analisa sensitivitas pada analisa ekonomi ketika B = C, B/C > 1, ketika biaya konstruksi subsidi pemerintah sebesar 100% dan ketika biaya konstruksi subsidi pemerintah sebesar 50%. Penetapan harga air dapat ditentukan berdasarkan perhitungan berikut.

Harga air saat B = C

$$\begin{aligned} \text{Harga Air} &= \frac{\text{Total Biaya Tahunan}}{\text{Total Kebutuhan Air}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 3.622.213.700}{1.033.145,65} \\ &= \text{Rp. } 3.516,65 /\text{m}^3 \end{aligned}$$

Harga air saat B/C > 1

$$\begin{aligned} \text{Harga Air} &= \frac{\text{Total Biaya Manfaat}}{\text{Total Kebutuhan Air}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 4.132.582.610}{1.033.145,65} \\ &= \text{Rp. } 4.000 /\text{m}^3 \end{aligned}$$

Harga air saat konstruksi subsidi pemerintah sebesar 100%

$$\begin{aligned} \text{Harga Air} &= \frac{\text{Total Biaya Tahunan saat subsidi 100\%}}{\text{Total Kebutuhan Air}} \\ &= \frac{\text{Rp. 611.274.920}}{1.033.145,65} \\ &= \text{Rp. 591,66 /m}^3 \end{aligned}$$

Harga air saat konstruksi subsidi pemerintah sebesar 50%

$$\begin{aligned} \text{Harga Air} &= \frac{\text{Total Biaya Tahunan saat subsidi 50\%}}{\text{Total Kebutuhan Air}} \\ &= \frac{\text{Rp. 2.122.244.310}}{1.033.145,65} \\ &= \text{Rp. 2.054,16 /m}^3 \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perencanaan jaringan pipa di Kecamatan Lumbang adalah sebagai berikut.

- Debit harian maksimum di Kecamatan Lumbang pada tahun 2042 sebesar 41,442 liter/detik dan debit kebutuhan pada jam puncak sebesar 56,512 liter/detik.
- Debit sisa di sumber sebesar 90,7 liter/detik dan disimpulkan mampu untuk memenuhi kebutuhan air.
- Direncanakan penggunaan pipa berjenis pipa HDPE berdiameter terbesar 10" dan diameter terkecil sebesar 1,5", terdapat 5 unit reservoir yang dilengkapi dengan pompa air berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan.
- Nilai RAB pada perencanaan jaringan pipa air Kecamatan Lumbang, didapatkan biaya atau anggaran pelaksanaan sebesar Rp. 33.452.450.000 (*Tiga Puluh Tiga Miliar Empat Ratus Lima Puluh Dua Juta Empat Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah*) berdasarkan AHSP Kabupaten Pasuruan Tahun 2023.
- Dengan menggunakan suku bunga sebesar 5,75%, dengan asumsi $B = C$ didapatkan harga minimum air sebesar Rp. 3.516,65 /m³. Dengan perhitungan harga jual air Rp. 4.000 /m³, diperoleh $B/C = 1,137$, keuntungan pertahun Rp. 499.368.910 serta *payback period* akan terjadi dalam durasi 9,67 tahun atau 9 tahun 7 bulan 27 hari.
Apabila terdapat subsidi biaya konstruksi dari pemerintah sebesar 100%, maka didapatkan harga air sebesar Rp. 5.91,66 /m³. Apabila subsidi biaya konstruksi dari pemerintah sebesar 50%, maka harga air yang didapatkan adalah Rp. 2.054,16 /m³.

DAFTAR PUSTAKA

- UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 17 TAHUN 2019 TENTANG SUMBER DAYA AIR.

- PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR 17 TAHUN 2009 TENTANG PEDOMAN PENENTUAN DAYA DUKUNG LINGKUNGAN HIDUP DALAM PENATAAN RUANG WILAYAH.
- Harsanti, W., & Khamim, M. (2019). ANALISIS NERACA AIR DI KECAMATAN KRAKSAAN UNTUK TAHUN 2036. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 69-72.