

PERENCANAAN ULANG DAN PENGEMBANGAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH KECAMATAN KABAT KABUPATEN BANYUWANGI JAWA TIMUR

Virana Azizah¹, Sutikno²

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

Email: viranaazizah@gmail.com¹, sutikno.civil@gmail.com²

ABSTRAK

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat vital bagi kehidupan manusia. di Kecamatan Kabat yang memiliki jumlah penduduk cukup padat, ketersediaan air bersih masih terbatas. Kecamatan Kabat hanya memiliki dua sumur bor yang melayani dua dari total 14 desa. terdapat 12 desa yang belum terlayani air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem penyediaan air bersih di seluruh desa di Kecamatan Kabat. Aspek yang dianalisis meliputi proyeksi jumlah penduduk, kebutuhan debit air, desain jaringan pipa dan reservoir, serta perhitungan anggaran biaya. Data yang digunakan mencakup jumlah penduduk, fasilitas umum, peta topografi, debit sumber air, dan analisa harga satuan pekerjaan (AHSPK) tahun 2024. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatika, geometrik, dan eksponensial, serta simulasi jaringan menggunakan perangkat lunak *Epanet 2.2*. Hasil penelitian menunjukkan proyeksi jumlah penduduk sebesar 80.715 jiwa pada tahun 2039 dan kebutuhan debit air bersih sebesar 93.0048 liter/detik. Pipa yang direncanakan dengan diameter 10 inch panjang 7.875 m, diameter 8 inch panjang 4.501 m, diameter 6 inch panjang 7.350 m, diameter 4 inch panjang 18.049 m, diameter 2 inch panjang 5.346 m, diameter 1½ inch panjang 7.373 m, diameter 1 inch panjang 7.326 m, dan diameter ½ inch panjang 3.585 m, dan dimensi reservoir yang direncanakan adalah 6 m × 6 m × 3,5 m, sedangkan rumah pompa berukuran 2 m × 2 m × 3 m sebanyak 6 unit, Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dihitung sebesar Rp30.563.180.000,00 (*Tiga Puluh Milyar Lima Ratus Enam Puluh Tiga Juta Seratus Delapan Puluh Ribu Rupiah*).

Kata kunci : perencanaan air bersih; jaringan pipa; perhitungan biaya.

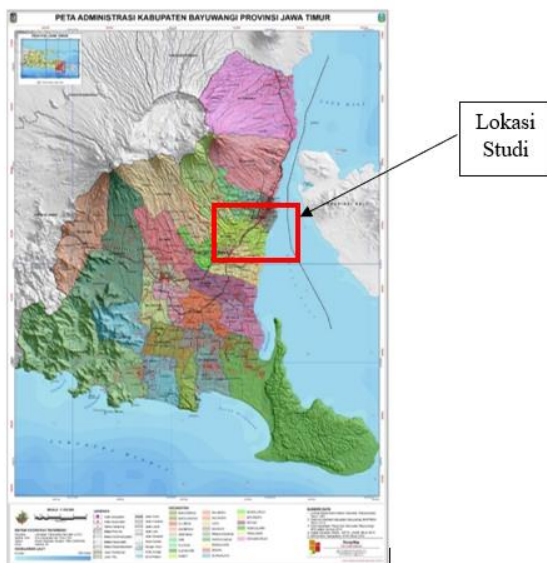
ABSTRACT

Clean water is a basic necessity that is vital for human life. In Kabat District, which has a fairly dense population, clean water availability is still limited. Kabat District only has two drilled wells serving two of the 14 villages. There are 12 villages that do not yet have clean water services. This study aims to plan a clean water supply system for all villages in Kabat District. Aspects explained include population projections, air flow requirements, pipe and reservoir network design, and budget calculations. The data used include population, public facilities, topographic maps, water source discharge, and work unit price analysis (AHSPK) in 2024. The methods used include field surveys, population projection calculations using arithmetic, geometric, and exponential methods, and network simulations using *Epanet 2.2* software. The results of the study show a projected population of 80,715 people in 2039 and a clean water discharge requirement of 93,0048 liters/second. The planned pipe with a diameter of 10 inches is 7,875 m long, a diameter of 8 inches is 4,501 m long, a diameter of 6 inches is 7,350 m long, a diameter of 4 inches is 18,049 m long, a diameter of 2 inches is 5,346 m long, a diameter of 1 ½ inches is 7,373 m long, a diameter of 1 inch is 7,326 m long, and a diameter of ½ inch is 3,585 m long, and the planned reservoir dimensions are 6 m × 6 m × 3.5 m, while the pump house measures 2 m × 2 m × 3 m as many as 6 units, the calculated Budget Plan (RAB) is IDR 30,563,180,000.00 (*Thirty Billion Five Hundred Sixty Three Million One Hundred Eighty Thousand Rupiah*).

Keywords : clean water planning; pipe network; cost estimation.

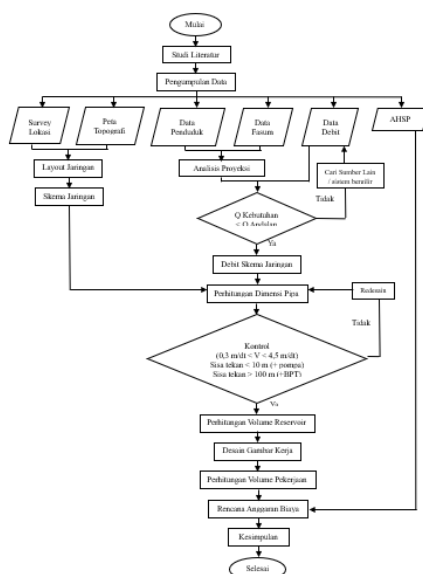
1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat vital bagi kehidupan manusia, baik untuk kehidupan sehari-hari, kesehatan maupun kegiatan lainnya. Di berbagai daerah, baik perkotaan maupun pedesaan kurangnya pasokan air bersih yang memadai sering kali menjadi hambatan utama dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat, salah satunya terjadi di Kecamatan Kabat. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, masyarakat Kecamatan Kabat masih bergantung pada 2 sumur bor milik Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PUDAM) Kabupaten Banyuwangi, kedua sumur bor tersebut hanya melayani 2 desa dari total 14 desa wilayah pelayanan sehingga masih ada 12 desa yang belum memiliki pelayanan pedistribusi air bersih yang maksimal.



Gambar 1. Lokasi Studi
Sumber : Google Earth

2. METODE



Gambar 2. Bagan Alir (Flowchart)

Proyeksi Jumlah Penduduk

Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk maka kebutuhan air bersih juga semakin besar, sehingga diperlukan perhitungan proyeksi penduduk menggunakan rumus sebagai berikut:

- Metode Aritmatika

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

- Metode Geometrik

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

- Metode Eksponensial

$$P_t = P_o \times e^{r \cdot n} \quad (3)$$

Keterangan:

P_t = jumlah penduduk pada akhir periode t (orang)

P_o = jumlah penduduk pada awal periode t (orang)

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = tahun proyeksi (tahun)

e = 2,71828183 (bilangan eksponensial)

Untuk mendapatkan nilai tingkat pertumbuhan penduduk, dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$r = \frac{\sum \text{Penduduk tahun } b - \sum \text{Penduduk tahun } a}{\sum \text{Penduduk tahun } a} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

r = rasio pertumbuhan penduduk

a = jumlah penduduk tahun awal

b = jumlah penduduk tahun berikutnya

Selanjutnya, menghitung dan diambil nilai terkecil standar deviasi dari ketiga metode tersebut dengan rumus berikut:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X - X_{rata-rata})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Keterangan:

S_d = simpangan baku (Standar Deviasi)

X = nilai data

X_r = nilai data rata-rata

n = jumlah data

Proyeksi Jumlah Fasilitas Umum

Untuk menghitung proyeksi fasilitas umum, persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$\frac{P_n}{P_o} = \frac{F_n}{F_o} \quad (6)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah Penduduk Tahun Proyeksi

P_o = Jumlah Penduduk Tahun Awal

F_n = Fasilitas Tahun Proyeksi

F_o = Fasilitas Tahun Awal

Kebutuhan Air Bersih

Prioritas kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik, non domestik dan kebutuhan air untuk mengganti kebocoran.

a. Kebutuhan Air Domestik

Perhitungan kebutuhan air domestik dihitung menggunakan persamaan berikut menurut Ditjen Cipta Karya Tahun 2000 sebagai berikut:

$$Q_d = SR + HU \quad (7)$$

Keterangan:

Q_d = Kebutuhan air domestik

SR = Sambungan Rumah

HU = Hidran Umum

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Kategori kebutuhan air non domestik dapat dilihat pada peraturan Ditjen Cipta Karya Tahun 2000. Perhitungan kebutuhan air domestik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{nd} = \sum \text{Fasilitas umum} \times \text{Nilai konsumsi} \quad (8)$$

Keterangan:

Q_{nd} = Kebutuhan air non domestik

c. Kebutuhan Harian Rata – Rata

Perhitungan kebutuhan harian rata - rata dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{rt} = Q_d + Q_{nd} \quad (9)$$

d. Kehilangan Air

Perhitungan kehilangan air dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{ha} = 20\% \times Q_{rt} \quad (10)$$

e. Fluktuasi Pemakaian Air Bersih

Perhitungan kebutuhan harian maksimum dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{max} = F_{max} \times Q_r \quad (11)$$

Perhitungan kebutuhan air jam puncak dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{peak} = F_{peak} \times Q_r \quad (12)$$

f. Kebutuhan Air Bersih Total

Untuk menghitung kebutuhan debit rencana air bersih, dapat menggunakan persamaan berikut:

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

Jaringan Pipa dan Dasar Hidrolika

Sistem transmisi digunakan untuk menyalurkan air dari sumber ke reservoir atau bak penampung, sedangkan sistem distribusi menyalurkan air dari reservoir ke konsumen.

a. Layout dan Skema Jaringan

Dalam skema jaringan, rumus interpolasi kontur sebagai berikut:

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

b. Debit Aliran

Dalam menentukan debit dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad (15)$$

c. Dimensi Pipa

Rumus untuk menghitung diameter pipa pada distribusi air bersih saluran tertutup menurut Hazen-William sebagai berikut:

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times S^{0,54}} \right)^{1/2,63} \quad (16)$$

d. Kehilangan Energi

Rumus untuk menghitung kehilangan energi berdasarkan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \quad (17)$$

e. Kehilangan Tekan

Ada beberapa teori perhitungan besarnya kehilangan tekan mayor, salah satunya persamaan Hazen – William sebagai berikut:

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C_H \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \quad (18)$$

f. Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (19)$$

g. Program Epanet 2.2

Epanet 2.2 adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node pipa, pompa, katub, dan tangka air atau reservoir. *Epanet 2.2* digunakan hanya untuk mengecek jaringan pipa yang direncanakan.

Bangunan Pelengkap

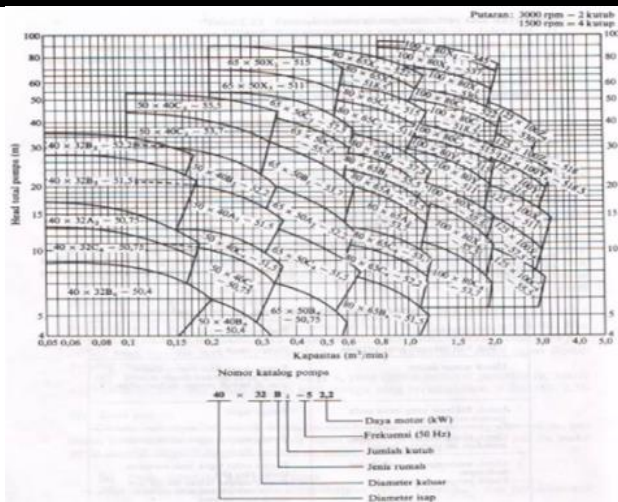
Bangunan pelengkap yang terdapat pada perencanaan ini adalah reservoir dan rumah pompa.

a. Reservoir

Lokasi reservoir dibangun didekat pengolahan air dan pusat daerah pelayanan. Volume reservoir ditentukan minimum 15% dari kebutuhan air maksimum perharinya.

b. Rumah Pompa dan Pompa

Menurut Ditjen Cipta Karya, bagian-bagian utama rumah pompa meliputi ventilasi, peralatan tangga, dan peralatan K3. Pompa harus mampu mensuplai debit air saat jam puncak dari konsumen. Untuk pemilihan head dan jenis pompa dapat dilihat pada diagram pemilihan pompa berikut:



Gambar 3. Diagram Pemilihan Pompa
Sumber : Sularso, 1996

Rencana Anggaran Biaya

Secara umum rumus dari rencana anggaran biaya suatu proyek adalah total penjumlahan dari hasil perkalian antara volume suatu item pekerjaan dengan harga satuannya sebagai berikut:

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

Keterangan:

Volume = Hasil perhitungan bangunan

Harga Satuan Pekerjaan = Harga yang berlaku

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Menghitung proyeksi jumlah penduduk dihitung menggunakan tiga metode, yaitu metode aritmatika, metode geometri, dan metode eksponensial, dengan periode perencanaan selama 15 tahun.

Diketahui:

Jumlah penduduk di desa Kabat tahun 2016 = 4.707 jiwa

Jumlah penduduk di desa Kabat tahun 2015 = 4.688 jiwa

menghitung rasio pertumbuhan penduduk menggunakan rumus 2.4 sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum \text{Penduduk tahun } b - \sum \text{Penduduk tahun } a}{\sum \text{Penduduk tahun } a} \times 100\%$$

$$r = \frac{4707 - 4688}{4688} \times 100\% = 0,41\%$$

$$\bar{r} = \frac{\sum r}{\text{Jumlah data}}$$

$$\bar{r} = \frac{0,1015}{9} = 1,13\%$$

Diketahui:

P_0 = Jumlah penduduk awal periode (2024) = 5.157 jiwa

r = tingkat pertumbuhan penduduk = 1,13 %

n = tahun proyeksi (tahun) = 15 tahun

Metode Aritmatika:

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

$$\begin{aligned} P_{2025} &= P_{2024} (1 + 1 \times 1,13\%) \\ &= 5.157 (1 + 1 \times 1,13\%) \\ &= 5.216 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Metode Geometrik:

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

$$\begin{aligned} P_{2025} &= P_{2024} (1 + 1,13\%)^1 \\ &= 5.157 (1 + 1,13\%)^1 \\ &= 5.216 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Metode Eksponensial:

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

$$\begin{aligned} P_{2025} &= P_{2024} \times e^{1,13\% \cdot 1} \\ &= 5.157 \times 2,718282^{1,13\% \cdot 1} \\ &= 5.216 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Standar Deviasi:

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

$$S_d = \sqrt{\frac{947381}{14}} = 260,135$$

Dibawah ini hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2039 berdasarkan nilai standar deviasi terkecil dari setiap desa di Kecamatan Kabat sebagaimana pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Proyeksi Jumlah Penduduk

No	Desa	Jumlah Penduduk
		Tahun Proyeksi 2039
1	Bareng	2.103
2	Bunder	6.149
3	Gombolirang	4.036
4	Benelan Lor	4.091
5	Labanasem	4.014
6	Pakistaji	7.241
7	Pondok Nongko	4.861
8	Dadapan	9.272
9	Kedayunan	5.971
10	Kabat	6.030
11	Macan Putih	12.579
12	Tambong	3.734
13	Pendarungan	4.837
14	Kalirejo	5.797
Jumlah		80.715

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan proyeksi penduduk diatas, didapatkan jumlah penduduk di Kecamatan Kabat pada tahun 2039 sejumlah 80.715 jiwa.

Hasil Proyeksi Fasilitas Umum

Diketahui:

P_0 = Jumlah penduduk tahun 2024 = 5157 jiwa

P_n = Jumlah penduduk tahun 2039 = 6030 jiwa

f_0 = Jumlah TK tahun 2024 = 4 unit

Untuk mengetahui jumlah fasilitas TK tahun proyeksi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\frac{P_n}{P_0} = \frac{F_n}{F_0}$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{Penduduk tahun ke-n}}{\text{Penduduk tahun awal}} &= \frac{\text{Fasilitas tahun ke-n}}{\text{Fasilitas tahun awal}} \\ \frac{6030}{5157} &= \frac{\text{Fasilitas tahun ke-n}}{4} \end{aligned}$$

Fasilitas tahun proyeksi (2039) = 5 unit

Jadi jumlah fasilitas umum TK pada tahun 2039 di desa Kabat adalah 5 unit.

Selanjutnya untuk perhitungan proyeksi fasilitas umum di Kecamatan Kabat tahun 2039 menggunakan Microsoft Excel yang hasilnya sebagaimana pada tabel 2 dan tabel 3 berikut:

Tabel 2. Proyeksi Fasilitas Umum

No	Desa	Proyeksi Fasilitas Umum Tahun 2039			
		TK/RA	SD	SMP	SMA
1	Bareng	1	2	0	0
2	Bunder	5	3	0	0
3	Gombolirang	2	4	0	0
4	Benelan Lor	3	1	0	0
5	Labanasem	1	2	1	1
6	Pakistaji	2	3	0	0
7	Pondok Nongko	3	1	0	0
8	Dadapan	5	5	4	0
9	Kedayunan	3	2	2	0
10	Kabat	5	5	0	0
11	Macan Putih	8	8	1	0
12	Tambong	1	1	0	0
13	Pendarungan	1	2	0	0
14	Kalirejo	1	2	0	0
Jumlah		42	43	8	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3. Proyeksi Fasilitas Umum (Lanjutan)

No	Desa	Proyeksi Fasilitas Umum Tahun 2039			
		SMK	RS	Puskesmas	Masjid
1	Bareng	0	0	0	2
2	Bunder	0	0	0	6
3	Gombolirang	0	0	0	6
4	Benelan Lor	0	0	0	1
5	Labanasem	0	0	0	2
6	Pakistaji	0	0	0	7
7	Pondok Nongko	0	0	0	3
8	Dadapan	1	0	0	5
9	Kedayunan	1	0	0	3
10	Kabat	0	0	1	8
11	Macan Putih	1	0	0	19
12	Tambong	0	0	0	5
13	Pendarungan	0	0	0	4
14	Kalirejo	0	1	0	3
Jumlah		3	1	1	75

Sumber: Hasil Perhitungan

Kebutuhan Air Bersih

a. Kebutuhan Air Domestik

Berikut contoh perhitungan kebutuhan air domestik di desa Kabat pada tahun 2039:

Diketahui:

Jumlah penduduk desa Kabat (2039) = 6.030 jiwa

Jumlah penduduk terlayani = Jumlah penduduk x 80%

$$= 6.030 \times 80 \%$$

$$= 4.824 \text{ jiwa}$$

Contoh perhitungan keb. air domestik (Qd) sebagai berikut:

Kebutuhan SR (Q_{SR}) = Penduduk terlayani x SR x SR%

$$= 4.824 \times 80 \times 70 \%$$

$$= 270.144 \text{ lt/hr}$$

Kebutuhan HU (Q_{HU}) = Penduduk terlayani x HU x HU%

$$= 4.824 \times 30 \times 30 \%$$

$$= 43.416 \text{ lt/hr}$$

Kebutuhan (Qd) = $Q_{SR} + Q_{HU}$

$$= 270.144 + 43.416$$

$$= 313.560 \text{ lt/hr}$$

Kebutuhan air (lt/dt) = $\frac{Qd}{(24 \times 60 \times 60)}$

$$= \frac{313.560}{(24 \times 60 \times 60)}$$

$$= 3,6292 \text{ lt/dt}$$

Kebutuhan air (m^3/dt) = $\frac{Qd (\frac{lt}{dt})}{1000}$

$$= \frac{3,6292}{1000}$$

$$= 0,0036 \text{ m}^3/dt$$

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Contoh perhitungan keb. air non domestik dengan sampel sekolah TK di desa Kabat sebagai berikut:

Diketahui:

Jumlah siswa TK tahun 2039 = 546 siswa

Tingkat pemakaian air = 5 lt/hr

Contoh perhitungan:

Kebutuhan air TK = Jumlah siswa x 5 lt/hr

$$= 546 \times 5 \text{ lt/hr}$$

$$= 2730 \text{ lt/hr}$$

Kebutuhan air non domestik (Q_{nd}) = $2730 \text{ lt/hr} / (24 \times 60 \times 60)$

$$= 0,0316 \text{ lt/dt}$$

c. Kebutuhan Harian Rata – Rata

Perhitungan kebutuhan harian rata – rata (Q_{rt}) dihitung sebagai berikut:

Diketahui:

Q_d = Kebutuhan air domestik tahun 2039

$$= 48,579 \text{ lt/dt}$$

Q_{nd} = Kebutuhan air non domestik tahun 2039

$$= 3,090 \text{ lt/dt}$$

Contoh perhitungan:

Q_{rt} = $Q_d + Q_{nd}$

$$= 48,579 \text{ lt/dt} + 3,090 \text{ lt/dt}$$

$$= 51,668 \text{ lt/dt}$$

d. Kehilangan Air

Contoh perhitungan kehilangan air sebagai berikut:

Diketahui:

Q_{rt} = Kebutuhan harian rata – rata tahun 2039

$$= 3,9804 \text{ lt/dt}$$

Contoh perhitungan:

Q_{ha} = $20\% \times Q_{rt}$

$$= 20\% \times 3,9804 \text{ lt/dt}$$

$$= 0,7961 \text{ lt/dt}$$

e. Fluktuasi Pemakaian Air Bersih

Contoh perhitungan kebutuhan air harian maksimum dihitung sebagai berikut:

Diketahui:

F_{max} = Faktor harian maksimum (1,1)

Q_r = Kebutuhan air bersih total (lt/dt)

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} Q_r &= Q_d + Q_{nd} + Q_{ha} \text{ (rumus 2.16)} \\ &= 3,6292 \text{ lt/dt} + 0,3512 \text{ lt/dt} + 0,7961 \text{ lt/dt} \\ &= 4,7765 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{max} &= F_{max} \times Q_r \\ &= 1,1 \times 4,7765 \text{ lt/dt} \\ &= 5,2541 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan kebutuhan air jam puncak dihitung sebagai berikut:

Diketahui:

F_{peak} = Faktor jam puncak (1,5)

Q_r = Kebutuhan air bersih total (lt/dt)

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= F_{peak} \times Q_r \\ &= 1,5 \times 4,7765 \text{ lt/dt} \\ &= 7,1647 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Tabel 4. Total Kebutuhan Air

Desa	Total Keb. Air (lt/dt)	Total Keb. Air (m ³ /dt)
Bareng	2,4239	0,0024
Bunder	7,0662	0,0071
Gombolirang	4,7693	0,0048
Benelan Lor	4,5131	0,0045
Labanasem	4,5172	0,0045
Pakistaji	8,3171	0,0083
Pondok Nongko	5,4917	0,0055
Dadapan	10,6100	0,0106
Kedayunan	6,7676	0,0068
Kabat	7,1647	0,0072
Macan Putih	14,9057	0,0149
Tambong	4,3669	0,0044
Pendarungan	5,5205	0,0055
Kalirejo	6,5439	0,0065
Jumlah	93,0048	0,0930

Sumber: Hasil Perhitungan

Jaringan Pipa dan Dasar Hidrolika

a. Layout dan Skema Jaringan

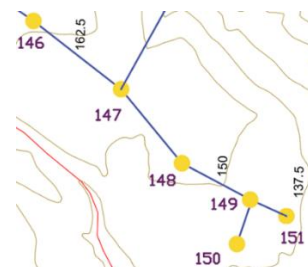
Layout dan skema jaringan direncanakan berdasarkan peta topografi atau RBI dimana jalur pipa dibuat dengan mempertimbangkan kondisi kontur tanahnya. Berikut merupakan gambar jaringan pipa yang telah direncanakan.



Gambar 4. Layout dan Skema Jaringan

Sumber : Hasil Penggambaran

Selanjutnya menghitung interpolasi kontur untuk menentukan elevasi pada setiap node pipa yang telah direncanakan.



Gambar 5. Interpolasi Kontur

Sumber : Hasil Penggambaran

Contoh perhitungan interpolasi kontur untuk menentukan elevasi titik node yang direncanakan.

Diketahui:

Kontur awal (h_c) = 150

Kontur akhir (h_b) = 137,5

Jarak pendek (d_{ac}) = Jarak kontur awal ke node
= 107,773 m

Jarak panjang (d_{ab}) = Jarak kontur h_c ke kontur h_b
= 245,949 m

Elevasi node = $h_c + (d_{ac}/d_{ab}) \times (h_b - h_c)$
= $150 + (107,773/245,949) \times (137,5 - 150)$
= 144,523

b. Dimensi Pipa

Contoh perhitungan dimensi pipa pada node 3 – 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi pipa} &= \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times S^{0,54}} \right)^{1/2,63} \\ &= \left(\frac{0,06820}{0,2785 \times 150 \times 0,02^{0,54}} \right)^{1/2,63} \\ &= 0,208 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Kehilangan Energi

Contoh perhitungan kehilangan energi pada node 3 – 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pipa Hulu} &= Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \\ &= 190,906 + \frac{10,233}{1} + \frac{1,654^2}{2 \times 9,81} \end{aligned}$$

$$= 207,278 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa Hilir} &= Z_2 + \frac{P_2}{Y} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \\ &= 185,441 + \frac{1,654^2}{2 \times 9,81} + 1,896 \\ &= 187,477 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Kehilangan Tekan

Contoh perhitungan kehilangan tekan pada node 3 – 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{Q}{0,2785 \times CH \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{0,06820}{0,2785 \times 150 \times 0,250^{2,63}} \right)^{1,85} \times 231,924 \\ &= 1,896 \text{ m} \end{aligned}$$

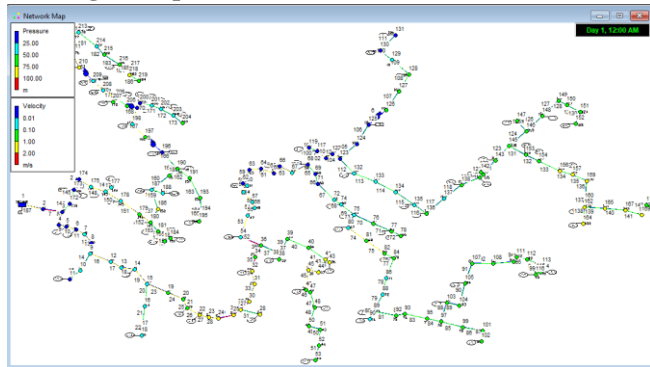
e. Sisa Tekan

Contoh perhitungan sisa tekan pada node 3 – 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= \text{Elv. energi pipa hulu} - \text{Elv. energi pipa hilir} \\ &= 201,278 \text{ m} - 185,477 \text{ m} \\ &= 13,801 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena hasilnya lebih dari 10 m maka tidak diperlukan pompa, namun jika kurang dari 10 m maka ditambah pompa agar air tetap bisa mengalir.

f. Program Epanet 2.2



Gambar 6. Analisis Epanet 2.2

Sumber : Epanet 2.2

Dari hasil analisis menggunakan Epanet 2.2, pada jaringan tidak terdapat nilai tekanan yang negatif dan kecepatan aliran pada semua pipa tidak melebihi batas maksimum berdasarkan standar yang berlaku sehingga jaringan distribusi aman.

Bangunan Pelengkap

a. Reservoir

Tabel 5. Pola Pemakaian Air

Jam	Jumlah Jam	Pemakaian Perjam (%)	Jumlah Pemakaian (%)	Suplai Perjam (%)	Jumlah Suplai (%)	Surplus (%)	Defisit (%)
22 – 05	7	0,75	5,25	4,17	29,17	23,92	-
05 – 06	1	4,00	4,00	4,17	4,17	0,17	-
06 – 07	1	6,00	6,00	4,17	4,17	-	1,83
07 – 09	2	8,00	16,00	4,17	8,33	-	7,67
09 – 10	1	6,00	6,00	4,17	4,17	-	1,83
10 – 13	3	5,00	15,00	4,17	12,50	-	2,50
13 – 17	4	6,00	24,00	4,17	16,67	-	7,33
17 – 18	1	10,00	10,00	4,17	4,17	-	5,83

18 – 20	2	4,50	9,00	4,17	8,33	-	0,67
20 – 21	1	3,00	3,00	4,17	4,17	1,17	-
21 – 22	1	1,75	1,75	4,17	4,17	2,42	-
Jumlah	24	55	100	45,83	100	27,67	27,67

Sumber : Unit Produksi SPAM 2010

Perhitungan volume air pada reservoir mengacu pada debit kebutuhan saat jam puncak dengan pengaliran 24 jam menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase vol. reservoir} &= (\text{Surplus air} + \text{Defisit air}) / 2 \\ &= (27,67 \% + 27,67 \%) / 2 \\ &= 27,67 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. kebutuhan reservoir} &= \text{Persen vol} \times Q_{\text{keb}} \times \text{Waktu alir} \\ &= 27,67\% \times 0,093 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3600 \text{ dt} \\ &= 92,644 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi reservoir

Diketahui:

$$\text{Volume kebutuhan} = 92,644 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi asumsi} = 3 \text{ m}$$

Maka perhitungan dimensi reservoir sebagai berikut:

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

$$92,644 \text{ m}^3 = L \times L \times 3 \text{ m}$$

$$L^2 = 92,644 / 3$$

$$= 30,881 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{30,881}$$

$$= 5,557 \text{ m} \sim 6 \text{ m}$$

$$P = 5,557 \text{ m} \sim 6 \text{ m}$$

(asumsi reservoir berbentuk persegi)

Sehingga dimensi reservoir menjadi berikut ini:

$$\text{Panjang (P)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (T)} = 3 \text{ m}$$

Jadi volume reservoir yang direncanakan sebagai berikut:

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

$$= 6 \times 6 \times 3$$

$$= 108 \text{ m}^3$$

Sedangkan untuk perhitungan dimensi reservoir memerlukan tinggi ruang udara dengan tinggi 0,5 m. Maka dimensi reservoir sebagai berikut:

$$\text{Panjang (P)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 6 \text{ m}$$

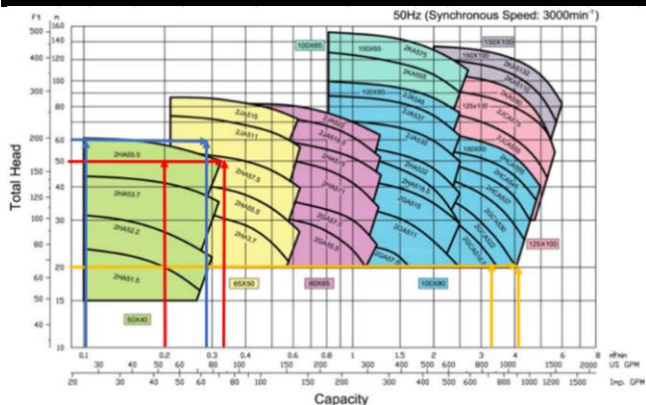
$$\text{Tinggi (T)} = 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

$$= 6 \times 6 \times 3,5$$

$$= 126 \text{ m}^3$$

b. Pompa



Gambar 7. Chart Katalog Pompa Ebara

- Menentukan berapa besar kapasitas debit Pada pipa Intake-1 memiliki debit aliran sebesar 0,0682 m³/dt. Contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas pompa} &= 0,0682 \times 60 \\ &= 4,092 \text{ m}^3/\text{menit}\end{aligned}$$

Kemudian tarik garis vertikal keatas tepat pada kapasitas yang sudah dihitung dan tarik garis horizontal pada nilai head yang sesuai dengan kebutuhan.

- Gunakan tipe pompa pada titik pertemuan antara garis vertikal dan horizontal.
- Menghitung jumlah banyaknya pompa yang diperlukan.

$$\begin{aligned}\text{Banyak pompa} &= \frac{\text{debit aliran dalam m}^3/\text{menit}}{\text{kapasitas pompa}} \\ &= \frac{0,0682 \times 60}{4,092} \\ &= 1 \text{ buah pompa}\end{aligned}$$

Dalam sistem dipasang 2 buah pompa yaitu 1 buah pompa utama dan 1 buah pompa cadangan.

Tabel 6. Kebutuhan Pompa

Node			Debit			Head
			lt/dt	m ³ /dt	m ³ /mnt	
Intake	-	1	68,204	0,0682	4,092	20
51	-	52	56,133	0,0561	3,368	20
100	-	101	5,521	0,0055	0,331	50
161	-	162	4,896	0,0049	0,294	60
164	-	170	3,440	0,0034	0,206	50
173	-	174	1,958	0,0020	0,117	60

Sumber : Hasil Perhitungan

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dihitung menggunakan nilai volume setiap pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Contoh perhitungan rencana anggaran biaya pada pekerjaan pekerjaan galian tanah pada pipa HDPE Ø10" - 250 mm dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Harga} &= \text{Volume pekerjaan} \times \text{AHSP} \\ &= 3150,086 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 71.687,26 \\ &= \text{Rp. } 225.821.052,04\end{aligned}$$

Tabel 7. Rekapitulasi Anggaran Biaya

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
Pekerjaan : Perencanaan Jaringan Pipa Air Bersih		
Lokasi : Kec. Kabat Kab. Banyuwangi		
No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
A	Pekerjaan Jaringan Pipa	Rp 24.552.952.738,46
	Pekerjaan Persiapan	Rp 65.446.976,00
	Pekerjaan Tanah dan Pipa	Rp 24.478.505.762,46
B	Pekerjaan Bangunan Reservoir	Rp 181.107.195,95
	Pekerjaan Persiapan	Rp 6.379.032,00
	Pekerjaan Tanah	Rp 1.790.070,46
	Pekerjaan Beton Bertulang	Rp 155.746.067,25
	Pekerjaan Finishing	Rp 17.192.026,24
C	Pekerjaan Bangunan Rumah Pompa	Rp 297.209.347,04
	Pekerjaan Persiapan	Rp 13.884.208,00
	Pekerjaan Tanah	Rp 9.459.381,51
	Pekerjaan Beton Bertulang	Rp 31.896.257,92
	Pekerjaan Pasangan Dinding	Rp 30.427.986,96
	Pekerjaan Kusen dan Pintu	Rp 5.766.600,25
	Pekerjaan Atap	Rp 1.415.912,40
	Pekerjaan Pengadaan Pompa	Rp 204.359.000,00
	Jumlah	Rp 25.031.269.281,46
	Profit + Overhead (10%)	Rp 2.503.126.928,15
	Jumlah Harga	Rp 27.534.396.209,60
	PPN (11%)	Rp 3.028.783.583,06
	Total Biaya	Rp 30.563.179.192,66
	Dibulatkan	Rp 30.563.180.000,00

Terbilang : Tiga Puluh Milyar Lima Ratus Enam Puluh Tiga Juta Seratus Delapan Puluh Ribu Rupiah

Sumber : Hasil Perhitungan

4. KESIMPULAN

Dari perencanaan yang telah dilakukan, dari perhitungan proyeksi hingga rencana anggaran biaya untuk pemasangan jaringan pipa didapatkan hasil dan juga kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil proyeksi penduduk dari data 2015 – 2024 dengan menggunakan metode aritmatika, geometrik dan eksponensial didapatkan jumlah penduduk di Kecamatan Kabat tahun 2039 sejumlah 80.715 jiwa.
- Kebutuhan air bersih di Kecamatan Kabat hingga tahun 2039 sebesar 93,0048 lt/dt atau 0,093 m³/dt.
- Kebutuhan jaringan pipa yang digunakan yaitu HDPE PN 16 merk Rucika dan didapatkan dimensi digunakan antara lain diameter 10 inch panjang 7.875 m, diameter 8 inch panjang 4.501 m, diameter 6 inch panjang 7.350 m, diameter 4 inch panjang 18.049 m, diameter 2 inch panjang 5.346 m, diameter 1½ inch panjang 7.373 m, diameter 1 inch panjang 7.326 m, dan diameter ½ inch panjang 3.585 m.
- Dimensi reservoir yang digunakan yaitu 6 m x 6 m x 3,5 m dan berbentuk persegi, serta menggunakan 5 jenis pompa merk Ebara.
- Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang didapatkan pada perencanaan ini sebesar Rp.30.563.180.000,00 (Tiga Puluh Milyar Lima Ratus Enam Puluh Tiga Juta Seratus Delapan Puluh Ribu Rupiah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyuwangi (2015 – 2024). Kecamatan Kabat Dalam Angka. Banyuwangi.
- [2] Badan Informasi Geospasial. Geospasial untuk Negeri.
- [3] DPU Ditjen Cipta Karya. (2007). Permen PU No.18/PRT/M/2007.Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta.
- [4] DPU Ditjen Cipta Karya (1990). Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan. Jakarta.
- [5] DPU Ditjen Cipta Karya (2000). Pengembangan Sistem Penyedia Air Minum. Jakarta.
- [6] Ibrahim, H.Bachtiar. (1993). Rencana Dan *Estimate Real Of Cost*. Cetakan ke-2. Jakarta: Bumi Aksara.
- [7] Joko, Tri. (2010). Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Kementerian PUPR. (2018). Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018a). Jakarta.
- [9] Kementerian PUPR. (2018). Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018b). Jakarta.
- [10] Lewis A. Rossman. Buku Manual Program Epanet Versi Bahasa Indonesia. Jakarta: Ekamitra *Engineering*.
- [11] Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PUDAM) Kabupaten Banyuwangi.
- [12] Surat Keputusan SNI Air Bersih. (1990). Tingkat Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota. Jakarta.
- [13] SNI 7509:2011. (2011). Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta
- [14] Sularso. (1996). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [15] Sularso. (2000). Pompa dan Kompresor. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [16] Triatmodjo, Bambang. (1993). Hidraulika I & II. Yogyakarta: Beta Offset
- [17] Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset