

PERENCANAAN JARINGAN PIPA AIR BERSIH DI KECAMATAN PADANG KABUPATEN LUMAJANG

Kevin Dwi Aryanto¹, Medi Efendi², Nawir Rasidi³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹,

Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: kevindwi338@gmail.com, medipolinema@gmail.com, nawirrasidi@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan krisis air bersih menjadi hal yang rutin di beberapa desa di Kecamatan Padang diantaranya Desa Kalisemut, Desa Barat, Desa Kedawung dan Desa Merakan, ini dikarenakan debit sumber mata air yang kecil dan lokasi sumber yang sulit dijangkau. Dalam studi ini penulis bertujuan untuk merencanakan jaringan pipa air bersih guna menunjang kebutuhan air sampai dengan umur yang direncanakan. Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi penduduk di tahun 2034 jumlah penduduk pada Kecamatan Padang sebesar 40.918 jiwa, debit kebutuhan air total sebesar 64,064 lt/dt, pengaliran menggunakan sistem gravitasi dengan sistem perpipaan cabang digunakan jenis pipa HDPE dengan diameter 10 inch, 8 inch, 7 inch, 5 ½ inch 5 inch, 3 inch dan 2 ½ inch dengan panjang pipa keseluruhan 23.864m. Dimensi reservoir digunakan yaitu 6m x 4m x 3,45m.

Kata kunci : air bersih; debit kebutuhan; jaringan pipa

ABSTRACT

The problem of clean water crisis has become a routine thing in several villages in Padang District including Kalisemut Village, West Village, Kedawung Village and Merakan Village, this is due to the small discharge of the springs and the location of the sources that are difficult to reach. In this study, the author aims to plan a clean water pipe network to support water needs up to the planned age. Based on the calculation results of population projections in 2034, the population in Padang District is 40,918 people, the total water demand discharge is 64,064 lt/sec, drainage uses a gravity system with a branch piping system used HDPE pipe types with diameters of 10 inches, 8 inches, 7 inches, 5 inch 5 inch, 3 inch and 2,5 inch with a total pipe length of 23,864m. The dimensions of the reservoir used are 6m x 4m x 3.45m.

Keywords: clean water; debit needs; pipeline

1. PENDAHULUAN

Krisis air bersih menjadi hal yang rutin di beberapa desa di Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang diantaranya Desa Kalisemut, Desa Barat, Desa Kedawung dan Desa Merakan, ini dikarenakan debit sumber mata air yang kecil dan lokasi sumber yang sulit dijangkau, sehingga BPBD atau pemerintah setempat harus mengirimkan bantuan air kepada warga, namun kebutuhan air belum dapat memenuhi secara menyeluruh dikarenakan air tidak langsung di arahkan ke desa-desa yang mengalami kekeringan.

Pada perencanaan air bersih di Kecamatan Padang ini sumber air direncanakan dari air permukaan yaitu Kali Pajaran dengan elevasi ±495m yang mana elevasinya lebih tinggi dari elevasi daerah pelayanan. Sehingga Kali Pajaran

dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan utama masyarakat di Kecamatan Padang.

2. METODE

Proyeksi Jumlah Penduduk

Metode Aritmatik

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

Metode Geometrik

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

Metode Eksponensial

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

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada akhir periode t (orang)

P_o = Jumlah penduduk pada awal periode t (orang)

n = Jangka waktu / tahun proyeksi

r = Tingkat pertumbuhan penduduk
 e = Bilangan eksponensial (2,718282)

Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - Xr)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(4)$$

Sd = Simpangan baku (Standar deviasi)
 Xi = Nilai data
 Xr = Nilai data rata-rata
 n = Jumlah data

Kebutuhan Air

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang diperlukan bagi kebutuhan dasar/suatu unit konsumsi air, dimana kehilangan air dan kebutuhan air untuk pemadam kebakaran juga diperhitungkan. Nilai kebutuhan air didasarkan pada Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya Tahun 1996.

a. Kebutuhan Air Domestik (Qd)

Kebutuhan air untuk rumah tangga (domestik) dihitung berdasarkan jumlah penduduk pada akhir tahun perencanaan.

Kebutuhan air domestik yang meliputi sambungan rumah dan hidran umum dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Kebutuhan Air Sambungan Rumah (SR)
 SR = Jml.Penduduk x Kons.SR x %SR(5)

- Kebutuhan Air Hidran Umum (HU)
 HU = Jml.Penduduk x Kons.HU x %HU.....(6)

b. Kebutuhan Air Non Domestik (Qnd)

Kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan jumlah fasilitas umum yang ada pada kawasan dengan nilai konsumsi air per satuan unit. Rumus yang digunakan dalam menghitung kebutuhan air non domestik sebagai berikut:

$$Qnd = \sum \text{Fasilitas Umum} \times \text{Nilai Konsumsi Air} \dots\dots\dots(7)$$

c. Kebutuhan Air Harian Total (Qrt)

Kebutuhan harian total merupakan gabungan dari kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik.

$$Qrt = Qd + Qnd \dots\dots\dots(8)$$

d. Kehilangan Air (Qha)

Kehilangan air merupakan komponen yang harus dimasukkan dalam debit rencana kebutuhan air. Besarnya kehilangan air dapat ditetapkan sebesar (20-25)% dari kebutuhan harian rata-rata.

$$Qha = (20-25)\% \times Qrt \dots\dots\dots(9)$$

e. Kebutuhan Air Rencana (Qr)

Kebutuhan rencana air bersih ditentukan berdasarkan jumlah kebutuhan domestik, kebutuhan non domestik dan kehilangan air.

$$Qr = Qd + Qnd + Qha \dots\dots\dots(10)$$

f. Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Faktor Jam Puncak

Debit pemakaian hari maksimum dan jam pucak digunakan sebagai acuan dalam membuat sistem transmisi air baku dan distribusi. Qmaks dan Qpeaks diperoleh dari

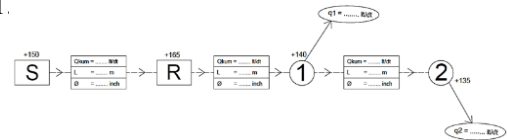
kebutuhan air rencana (Qr) dikalikan nilai faktor hari maksimum (1 - 1,5) dan faktor jam puncak (1,5 - 2,5).

Tingkat Pelayanan Air Bersih

Tingkat pelayanan air bersih digunakan digunakan probabilitas sebesar 90% yang artinya debit yang dapat disalurkan sebesar 90% dan kegagalan 10%.

Layout Jaringan Pipa dan Skema Jaringan Pipa

Desain layout jaringan pipa digambar menggunakan acuan peta topografi. Jaringan pipa direncanakan seefisien mungkin. Pada penggambaran skema jaringan dilengkapi dengan keterangan dari hasil perhitungan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Jaringan Pipa Air Bersih

Dimensi Pipa

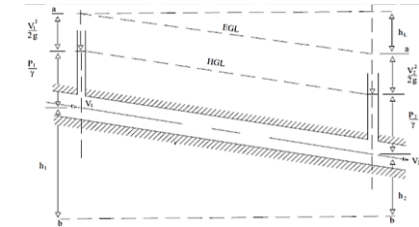
Dimensi pipa dapat dihitung menggunakan rumus Hazzen-William.

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times i^{0,54}} \right)^{1/2,63} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

- D = Diameter Pipa (m)
- Q = Debit yang mengalir dalam pipa (m³/dt)
- C = Koefisien Kekasaran Pipa
- i = Kemiringan Hidrolis

Persamaan Bernoulli

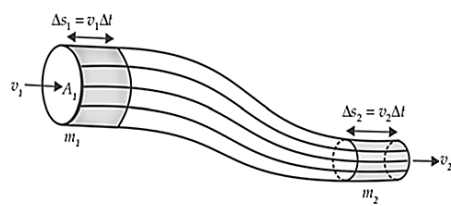


Gambar 2. Energi head and head loss dalam aliran pipa
 $h1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w} = h2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w} + hl \dots\dots\dots(12)$

Dimana :

- h1, h2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 (m)
- p1, p2 = tinggi tekanan di titik 1 dan 2 (m)
- $\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ = tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)
- hl = kehilangan tinggi tekanan dalam pipa (m)
- γ_w = Berat jenis air (kg/m³)

Persamaan Kontinuitas



Gambar 3. Hukum Kontinuitas

Dalam persamaan hukum kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar.

$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 \dots \dots \dots (13)$$

Dimana:

- v_1, v_2 = Kecepatan pada titik 1, 2 dan 3 (m/s)
- A_1, A_2 = Luas penampang pada titik 1, 2 dan 3 (m²)
- Q_1, Q_2 = Debit pada titik 1, 2 dan 3 (m³/s)

Kehilangan Tekanan (Head Loss)

Headloss merupakan suatu nilai untuk mendapatkan besarnya reduksi tekanan total (total head) yang diakibatkan oleh fluida saat melewati sistem pengaliran.

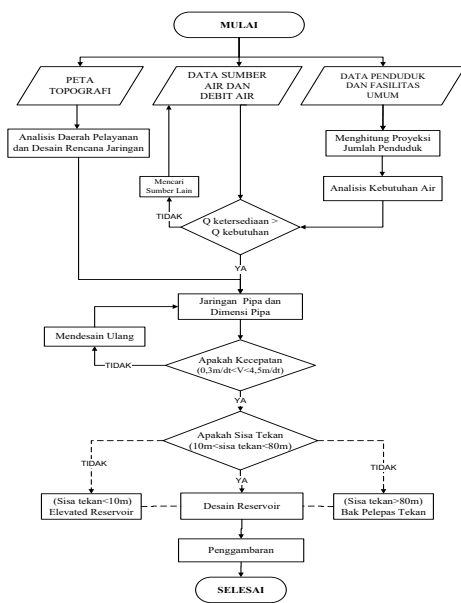
Rumus kehilangan tekanan sepanjang pipa:

$$H_f = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

- Q = Laju aliran air (lt/menit)
- D = Diameter dalam pipa (m)
- i = Gradien hidraulik (m/m)
- C = Koefisien Hazen William
- L = Panjang pipa (m)
- hf = Kehilangan energi (m)

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung Proyeksi Jumlah Penduduk

Dari data jumlah penduduk 10 tahun terakhir dilakukan perhitungan tingkat pertumbuhan (i) dari tahun ke

tahun selanjutnya dihitung rasio rata-rata pertumbuhan.

Contoh perhitungan tingkat pertumbuhan tahun 2010-2011 :

$$i_{(2010-2011)} = \frac{\text{Jml. Penduduk th.2011} - \text{Jml. Penduduk th.2010}}{\text{Jml. Penduduk th.2010}} \times 100 = 6,585\%$$

Dari data nilai tingkat pertumbuhan rata-rata dalam 10 tahun, dapat dihitung proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2034. Berikut hasil perhitungan proyeksi penduduk

Tabel 1. Proyeksi Penduduk Desa Barat

Tahun	Proyeksi Jumlah Penduduk		
	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
2020	7742	7742	7743
2021	7794	7795	7795
2022	7846	7847	7848
2023	7898	7900	7901
2024	7950	7953	7954
2025	8002	8007	8008
2026	8053	8061	8062
2027	8105	8115	8117
2028	8157	8170	8172
2029	8209	8225	8227
2030	8261	8280	8282
2031	8313	8336	8338
2032	8364	8392	8395
2033	8416	8449	8452
2034	8468	8506	8509
Sd	231,833	243,864	244,695

Sumber: Hasil Perhitungan

Debit Kebutuhan Air Bersih

Menghitung Kebutuhan Air Domestik (Qd)

Jumlah pednuduk di Kecamatan Padang pada tahun 2034 adalah 40.918 jiwa dengan jumlah penduduk dari masing-masing desa <20.000 maka dapat disimpulkan Kecamatan Padang termasuk dalam kategori V (Desa). Dengan kebutuhan air domestik sebesar 80 lt/org/hr .

Berikut hasil perhitungan kebutuhan air domestik (Qd) tiap desa pada Kecamatan Padang yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Air Domestik

Desa	Penduduk Tahun 2034 (jiwa)	Kebutuhan Air Domestik (Qd) (lt/dt)
Barat	8468	5,734
Babakan	3308	2,240
Mojo	3930	2,661
Bodang	6239	4,224
Kedawang	5687	3,851
Padang	2693	1,823
Kalisemut	3873	2,622
Merakan	3708	2,511
Tanggung	3012	2,039
Total	40918	27,705

Sumber: Hasil Perhitungan

Menghitung Kebutuhan Air Domestik (Qnd)

Kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan jumlah fasilitas umum yang berada di kawasan perencanaan. Contoh perhitungan proyeksi masjid pada Desa Barat menggunakan rumus perbandingan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Masjid tahun 2019} &= 12 \text{ unit} \\ \text{Jumlah penduduk tahun 2019} &= 7690 \text{ jiwa} \\ \text{Jumlah penduduk tahun 2034} &= 8468 \text{ jiwa} \\ \text{Jumlah fasilitas Masjid Tahun 2034:} \\ \frac{8468}{7690} = \frac{\text{Fasilitas Tahun 2034}}{12} &= 14 \text{ unit} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan kebutuhan air non domestik fasilitas Masjid Desa Barat:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Fasilitas Masjid Tahun 2034} &= 14 \text{ unit} \\ \text{Kebutuhan Air Masjid} &= 3000 \text{ Liter/Unit/Hari (Tabel 2.7)} \\ \text{Maka, Kebutuhan air Masjid pada Desa Barat Tahun 2034} &= 14 \times 3000 = 42000 \text{ lt/hr} = 0,486 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Tabel 3. Kebutuhan Air Non Domestik

Desa	Kebutuhan Air Non Domestik (Qnd) (lt/dt)
Barat	1,999
Babakan	0,800
Mojo	0,770
Bodang	0,919
Kedawung	1,274
Padang	0,472
Kalisemut	0,529
Merakan	0,467
Tanggung	0,657
Total	7,886

Sumber: Hasil Perhitungan

Menghitung Kehilangan Air (Qha)

Tabel 4. Kebutuhan Harian Total dan Kehilangan Air

Desa	Kebutuhan Harian Total (Qrt) (lt/dt)	Presentase Kehilangan Air (%)	Nilai Kebocoran Air (Qha) (lt/dt)
Barat	7,732		1,546
Babakan	3,040		0,608
Mojo	3,431		0,686
Bodang	5,143		1,029
Kedawung	5,124	20%	1,025
Padang	2,295		0,459
Kalisemut	3,151		0,630
Merakan	2,978		0,596
Tanggung	2,697		0,539
Total	35,591		7,118

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan kehilangan Air (Qha) pada Desa Barat

$$\begin{aligned} Qha &= 20\% \times Qrt \\ &= 20\% \times 7,732 \\ &= 1,546 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Air Rencana

Tabel 5. Kebutuhan Air Rencana

Desa	Rencana Kebutuhan Air (Qr) (lt/dt)
Barat	9,279
Babakan	3,648
Mojo	4,117
Bodang	6,172
Kedawung	6,149
Padang	2,754
Kalisemut	3,781
Merakan	3,573
Tanggung	3,236
Total	42,709

Sumber: Hasil Perhitungan

Diambil contoh perhitungan rencana kebutuhan air pada Desa Barat:

$$\begin{aligned} \text{Rencana Kebutuhan Air (Qr)} &= Qd + Qnd + Qha \\ &= 5,734 + 1,999 + 1,546 \\ &= 9,279 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Air pada Pipa Transmisi dan Distribusi

Tabel 6. Kebutuhan Air Rencana

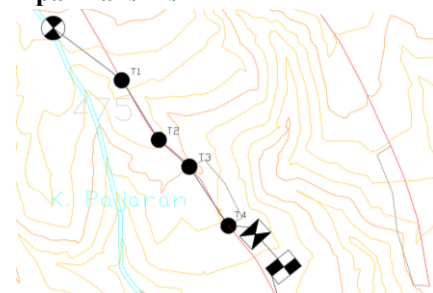
Desa	f_{max}	Q_{max} (lt/dt)	f_{peak}	Q_{peak} (lt/dt)
Barat		10,207		13,918
Babakan		4,013		5,472
Mojo		4,529		6,176
Bodang		6,789		9,258
Kedawung	1,1	6,764	1,5	9,224
Padang		3,030		4,131
Kalisemut		4,159		5,672
Merakan		3,930		5,360
Tanggung		3,560		4,854
Total		46,980		64,064

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air Hari Maksimum (Qmax)} &= f_{max} \times Q_r \\ &= 1,1 \times 9,279 \\ &= 10,207 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air Jam Puncak (Qpeak)} &= f_{peak} \times Q_r \\ &= 1,5 \times 9,279 \\ &= 13,918 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Layout Jaringan Jaringan Pipa Transmisi



Gambar 5. Jaringan Pipa Transmisi Kecamatan Padang Jaringan Pipa Distribusi



Gambar 6. Jaringan Pipa Ds.Kedawang, Ds. Padang, Ds. Mojo dan Ds. Babakan



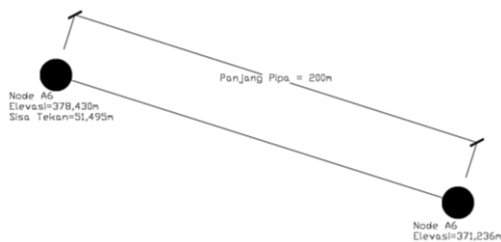
Gambar 7. Jaringan Pipa Ds.Kalisemut Ds. Merakan dan Ds.Tanggung



Gambar 8. Jaringan Pipa Ds. Bodang dan Ds. Barat

Dimensi Pipa

Berikut disajikan contoh hasil analisa dimensi pipa pada pipa node A6 – A7



Gambar 9. Pipa Node A6 – A7

Analisa hidrolika dihitung untuk menentukan besar dimensi yang akan digunakan pada jaringan pipa.

Contoh perhitungan pada pipa node A6 – A7 dengan debit air sebesar 64,064 lt/dt atau 0,06406 m³/dt dihitung dimensi pipa sebagai berikut:

1. $D_{Hitung} = \left(\frac{0,06404}{0,2785 \times 130 \times 0,02^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,201 \sim 10 \text{ inch}$
2. $A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,250^2 = 0,0491 \text{ m}^2$
3. $H_f = \left(\frac{0,06404}{0,2785 \times 130 \times 0,250^{2,63}} \right)^{1,85} \times 200 = 1,377 \text{ m}$
4. $v = \frac{Q}{A} = \frac{0,06406}{0,0491} = 1,3 \text{ m/dt}$

$$\text{Kontrol } v \text{ aliran} = v_{min} \leq v_{hitung} \leq v_{max}$$

$$= 0,3\text{m/dt} \leq 1,3 \text{ m/dt} \leq 4,5 \text{ m/dt}$$

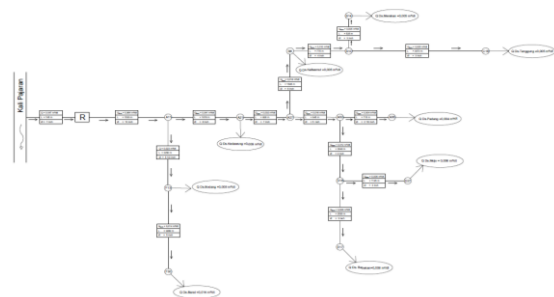
5. Elevasi Tinggi Energi Hulu = $h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma_w}$
 $= 377,430 + \frac{1,305^2}{2 \times 9,81} + \frac{51,495}{1}$
 $= 429,012 \text{ m}$
6. Elevasi Tinggi Energi Hilir = $h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma_w}$
 $= 370,236 + \frac{1,305}{2 \times 9,81} + 1,377$
 $= 371,700 \text{ m}$
7. Sisa tekan = Elevasi Tinggi Energi Hulu – Elevasi Tinggi Energi Hilir
 $= 429,012 \text{ m} - 371,700 \text{ m}$
 $= 57,312 \text{ m}$
8. Sisa tekan yang dihitung memenuhi syarat perencanaan yaitu 10 – 80 m. Sehingga dimensi yang digunakan sesuai dengan hasil perhitungan.

Tabel 7. Dimensi Pipa

Node	Ø Pipa (m)	Panjang Pipa (m)
Transmisi	0,180	745
	0,250	1533
	0,200	1678
	0,180	928
Distribusi	0,140	3795
	0,125	3795
	0,110	3415
	0,090	7260
	0,075	715

Sumber: Hasil Perhitungan

Skema Jaringan Pipa



Gambar 10. Skema Jaringan Pipa

Sumber: Hasil Penggambaran

Kapasitas Tampungan Reservoir

Dalam menentukan kapasitas tampungan reservoir yang dibutuhkan harus memperhatikan debit air dan tekanan air masuk dan keluar dari reservoir. Kapasitas reservoir sesuai dengan debit total kebutuhan saat jam puncak dan disuplai selama 24 jam. Perhitungan volume reservoir dengan menggunakan tabel fluktuasi kebutuhan air sebagai berikut:

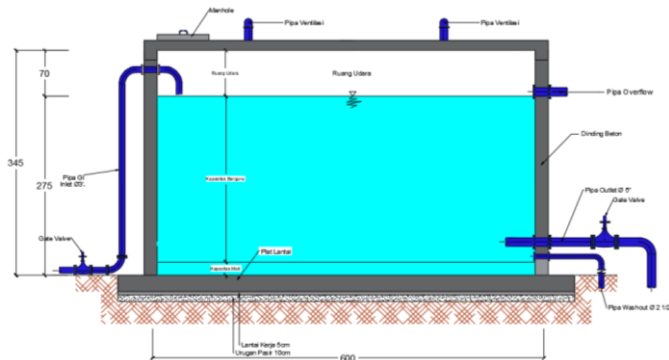
Tabel 8. Fluktuasi Kebutuhan Air

Periode	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	4,17	4,17	0,17	-
06 - 07	1	6,00	6	4,17	4,17	-	1,83
07 - 09	2	8,00	16	4,17	8,33	-	7,67
09 - 10	1	6,00	6	4,17	4,17	-	1,83
10 - 13	3	5,00	15	4,17	12,50	-	2,50
13 - 17	4	6,00	24	4,17	16,67	-	7,33
17 - 18	1	10,00	10	4,17	4,17	-	5,83
18 - 20	2	4,50	9	4,17	8,33	-	0,67
20 - 21	1	3,00	3	4,17	4,17	1,17	-
21 - 22	1	1,75	1,75	4,17	4,17	2,42	-
	24		100		100	27,67	27,67

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Volume Reservoir} &= \text{Volume (\%)} \times \text{Keb. Air} \times \text{Waktu} \\ &= 27,67\% \times 0,064 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3600 \text{ dt} \\ &= 63,808 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi reservoir, panjang = 6 meter, lebar = 4 meter dan tinggi = 3,45 meter



Gambar 11. Desain Reservoir

Sumber: Hasil Penggambaran

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bambang Triatmodjo, 1996, Hidraulika I, Beta Offset, Yogyakarta
- [2] SNI 7509-2011. 2011 Tata Cara Perencanaan teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- [3] Joko, Tri. Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2010.
- [4] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum
- [5] Badan Pusat Statistik Kecamatan Padang. Padang Dalam Angka

4. KESIMPULAN

- 1) Jumlah penduduk di Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang pada tahun 2034 (Tahun Perencanaan) adalah 40.918 jiwa.
- 2) Kebutuhan air total di Kecamatan Padang pada pipa transmisi sebesar 42,709 lt/dt dan pada pipa distribusi sebesar 64,064 lt/dt.
- 3) Pipa yang digunakan pada pipa transmisi yaitu pipa jenis HDPE diameter 7". Pipa Distribusi digunakan pipa HDPE diameter 10", 8", 7", 5,5" 5", 4" 3" dan 2,5" dengan total panjang pipa keseluruhan 23.864 m.
- 4) Dimensi reservoir yang digunakan ukuran 6m x 4 m x 3,45m dengan kapasitas tampungan berguna sebesar 66m³.