



Studi Perencanaan Sarana Air Bersih Melalui Sistem Perpipaan di Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang

Agus Hartadi^{1✉}, Faradlillah Saves²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia^(1,2)

DOI: 10.31004/jutin.v7i3.30874

✉ Corresponding author:
[agushartadi11@gmail.com]

Article Info	Abstrak
<p><i>Kata kunci:</i> <i>Kebutuhan air bersih;</i> <i>Epanet 2.2;</i> <i>Sistem perpipaan</i></p>	<p>Ketersediaan air bersih merupakan sesuatu yang wajib dan berlaku untuk semua tempat. Desa Marmoyo merupakan bagian dari Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang yang mengandalkan sumur dangkal untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Untuk mengetahui proyeksi kebutuhan air penduduk adalah proyeksi perhitungan penduduk, Untuk mengetahui perencanaan kebutuhan air bersih dengan cara uji pemompaan untuk mengetahui debit maksimum sumur dalam serta debit optimum pemompaan serta skema perpipaan yang direncanakan menggunakan program Epanet 2.2 untuk mengetahui debit aliran, kecepatan aliran, tekanan serta kehilangan tekanan. Hasil penelitian diperoleh kebutuhan debit rerata tahun 2044 sebesar 1,163 l/detik untuk penduduk pada tahun 2044 sebesar 1.395 jiwa. Sedangkan debit maksimum sumur dalam yang didapat melalui uji pemompaan sebesar 1,64 l/detik. Untuk sistem perpipaan menggunakan sistem ganda dan sistem cabang dengan pipa PVC diameter 2" (50 mm) dimana rencana sistem perpipaan akan dilakukan di RT. 002, RW 007 Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang. Pada simulasi dengan Epanet 2.2 diketahui kecepatan aliran tertinggi adalah 0,04 m/detik sedangkan tekanan tertinggi adalah 19,86 m.</p>
<p><i>Keywords:</i> <i>Clean water demands;</i> <i>Epanet 2.2;</i> <i>Piping system</i></p>	<p>Abstract</p> <p>The availability of clean water is mandatory and applies to all places. Marmoyo Village is part of Kabuh District, Jombang Regency which relies on shallow wells to meet its clean water needs. To find out the projected water demands of the population is a population calculation projection. To find out the planning average of clean water demands by pumping tests to find out the maximum discharge of deep wells and the optimum discharge of pumping as well as the planned piping scheme using the Epanet 2.2 program to find out the flow rate, velocity, pressure</p>

and headloss. The research results showed that the average discharge requirement in 2044 was 1,163 l/second for a population in 2044 of 1,395 people. Meanwhile, the maximum discharge for deep wells obtained through pumping tests was 1.64 l/second. The piping system uses a double system and a branch system with 2" (50 mm) diameter PVC pipes where the piping system plan will be carried out at RT. 002, RW 007 Marmoyo Village, Kabuh District, Jombang Regency. In the simulation with Epanet 2.2 it is known that the highest velocity are 0.04 m/sec while the highest pressure are 19.86 m.

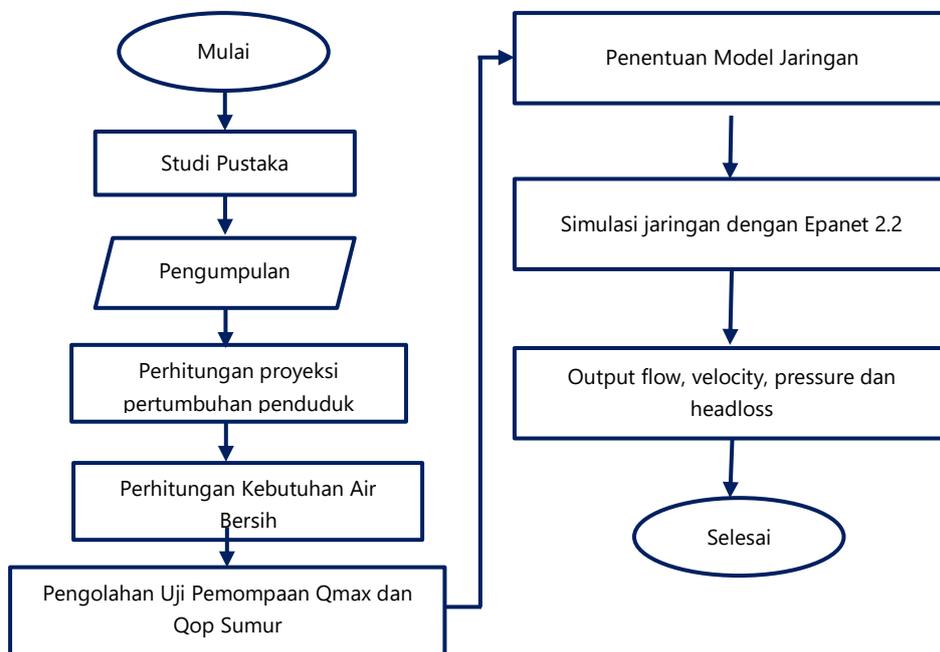
1. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jumlah penduduk kebutuhan air bersih setiap tahun akan mengalami perubahan, sehingga pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih perlu diberlakukan untuk memenuhi standar kebutuhan air minum bagi masyarakat (Jayanti et al., 2019). Desa Marmoyo terletak di Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Desa yang memiliki luas wilayah sebesar 1,36 km² ini terdiri dari 2 dusun, 2 Rukun Warga (RW) dan 9 Rukun Tetangga (RT). Jumlah penduduk Desa Marmoyo tercatat sebanyak 1.121 jiwa. Dari besaran jumlah penduduk diatas telah terbentuk 403 kepala keluarga (KK) (BPS Kabupaten Jombang, 2023). Dalam memenuhi kebutuhan air bersih, biasanya mengandalkan sumur desa yang ada. Tetapi tidak semua air yang dihasilkan cukup untuk memenuhi kebutuhan dikarenakan perbandingan antara debit air dengan jumlah penduduk yang membutuhkan tidak seimbang, ditambah dengan jarak rumah penduduk serta elevasi ketinggian dan kontur tanah berbukit menambah permasalahan sulitnya mendapatkan air bersih.

Untuk menanggulangi permasalahan ketidaktersediaan air diperlukan perhitungan jumlah penduduk dimasa sekarang dan proyeksi pertumbuhan penduduk dimasa yang akan datang (Pratiwi et al., 2023). Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dapat menggunakan ketiga metode pertumbuhan penduduk antara lain metode aritmatik, metode geometrik dan metode eksponensial. Nantinya ketiga metode yang dipilih adalah metode yang memiliki faktor korelasi mendekati nilai 1 dan standar deviasi yang memiliki nilai paling kecil (Rachman et al., 2020).

Kemudian dilakukan uji pemompaan pada sumur dalam terbaru untuk mengetahui debit maksimum sumber dan debit optimum yang dapat dipompa (Bisri, 2012). Nantinya akan dilakukan simulasi hidrolis dengan bantuan program Epanet 2.2 pada wilayah percobaan simulasi. Epanet dapat memudahkan perhitungan jaringan perpipaan dengan integrasi data elevasi, peta jaringan, spesifikasi pipa yang digunakan hingga debit (Jayanti et al., 2019).

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir (Flowchart)

Agar dapat menyelesaikan penelitian, perlu dilakukan pengumpulan data demi terselesaikan masalah dan hasil yang didapatkan sesuai yang diinginkan. Data yang diperoleh berasal dari beberapa sumber baik dari modul selama perkuliahan, jurnal terdahulu maupun dari lapangan. Adapun berdasarkan sumber perolehan, data dikelompokkan menjadi :

1. Data primer :
 - Kondisi sumur dan reservoir
2. Data sekunder :
 - Data jumlah penduduk Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang tahun 2013 – 2022
 - Data penerima sambungan rumah dari pemberi bantuan sumur dalam dan reservoir
 - Data uji pemompaan
 - Gambar konstruksi sumur dalam

2.1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Metode tingkat pertumbuhan penduduk (*Growth Rates*) adalah estimasi dari total penduduk dengan menggunakan tingkat pertumbuhan penduduk secara matematik atau tingkat lanjutnya menggunakan fitting kurva yang menyajikan gambaran matematis dari perubahan jumlah penduduk seperti kurva logistik (Badan Pusat Statistik, 2010). Tingkat pertumbuhan penduduk dibagi menjadi :

1. Metode Aritmatik

$$P_t = P_o (1 + r t) \quad (2.1)$$

Dimana :

$$r = \frac{1}{t} \left[\frac{P_t}{P_o} - 1 \right] \quad (2.2)$$

2. Metode Geometri

$$P_t = P_o (1 + r)^t \quad (2.3)$$

Dimana :

$$r = \left[\frac{P_t}{P_o} \right]^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2.4)$$

3. Metode Eksponensial

$$P_t = P_o (1 + r t) \quad (2.5)$$

Dimana :

$$r = \left(\frac{1}{t} \right) \ln \left(\frac{P_t}{P_o} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan :

- P_t = jumlah Penduduk pada tahun t (jiwa)
 P₀ = jumlah Penduduk pada tahun dasar (jiwa)
 R = laju pertumbuhan penduduk (%)
 t = periode waktu antara tahun dasar dengan tahun t
 e = bilangan pokok sistem ln (2,7182818)

Dasar pemilihan salah satu metode proyeksi penduduk menggunakan standar deviasi dan uji koefisien korelasi dengan syarat nilai standar deviasi yang digunakan lebih kecil serta nilai uji koefisien korelasi mendekati atau sama dengan 1.

2.2. Kebutuhan Air Bersih

Dalam hal kebutuhan air dapat dibedakan menjadi kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air bersih domestik adalah kebutuhan air bersih bagi para penduduk untuk kepentingan sehari – hari. Lebih luas dari sekedar makanan dan minuman yang dikonsumsi melalui mulut, air bersih diperlukan untuk berbagai kepentingan yang saat ini merupakan kebutuhan pokok seperti mandi dan mencuci atau dalam bentuk kebersihan lingkungan lainnya (Messakh, 2017). Adapun kebutuhan air rata – rata air bersih per orang perhari dibedakan berdasarkan kategori kota tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga per Orang per Hari Menurut Kategori Kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan Air Bersih (l/o/h)
1.	Metropolitan	< 1.000.000	150 – 200
2.	Kota besar	500.000 – 1.000.000	120 – 150
3.	Kota sedang	100.000 – 500.000	100 – 125
4.	Kota kecil	20.000 – 100.000	90 – 110
5.	Semi urban (Ibukota kecamatan / desa)	< 20.000	60 – 90

Sumber : (SNI 7509:2011)

2. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air bersih non domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana daerah yang teridentifikasi akan ada berdasarkan rencana tata ruang. Sarana dan prasarana dapat berupa kepentingan sosial, komersial sampai keperluan industri, pariwisata maupun perhubungan (Messakh, 2017). Besaran kebutuhan air bersih untuk kegiatan non domestik adalah 20% dari kebutuhan air bersih domestik (Pratiwi et al., 2023).

2.3. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

1. Kebutuhan Air Harian Rata – Rata

Kebutuhan air rata – rata adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air domestik, ditambah kebutuhan air non domestik (Messakh, 2017).

2. Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air harian maksimum adalah jumlah air terbesar yang dibutuhkan untuk satu hari dalam kurun waktu satu (Messakh, 2017). Untuk mengetahui kebutuhan maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan air harian rata – rata dikali dengan faktor hari maksimum sebesar 1,1 (Pratiwi et al., 2023).

$$Q_{max} = 1,1 \times Q_{av} \quad (2.7)$$

3. Kebutuhan Air Jam Puncak Maksimum

Jam puncak merupakan kejadian dimana terjadi pemakaian air terbesar dalam 24 jam (Messakh, 2017). Besaran faktor jam puncak adalah 1,5 dikalikan dengan kebutuhan air harian maksimum.

$$Q_{peak} = 1,5 \times Q_{max} \quad (2.8)$$

4. Kehilangan Air

Kehilangan air adalah selisih antara banyaknya air yang disediakan dengan air yang dikonsumsi (Messakh, 2017). Besaran kehilangan air yang dapat ditoleransi adalah 20% dari jumlah kebutuhan air domestik dan non domestik (Singal & Jamal, 2022).

2.4. Kapasitas Reservoir

Perencanaan volume kapasitas reservoir menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 18/PRT/M/2007 dapat diperoleh melalui tiga metode antara lain sebagai berikut :

1. Secara tabulasi

Dengan menggunakan tabulasi, volume efektifnya adalah jumlah selisih terbesar bernilai positif dan selisih terbesar bernilai negatif antara fluktuasi pemakaian air dan suplai air ke reservoir dengan satuan m³. Hasil perhitungan nilai dibuat dalam bentuk tabel.

2. Kurva massa
Volume efektif didapat melalui jumlah persentase akumulasi surplus terbesar pemakaian air ditambah akumulasi defisit terbesar pemakaian air terhadap akumulasi pengaliran air ke reservoir (bila pengaliran air ke reservoir dilakukan selama 24 jam).
3. Secara Persentase
Volume efektif ditentukan minimal 15% dari kebutuhan air harian maksimum dengan besarnya kehilangan air. Dapat dijabarkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{rv} = 15\% \times Q_{max} \quad (2.9)$$

2.5. Uji Pemompaan

Uji pemompaan atau *pumping test* adalah memompa air dari suatu sumur dengan debit tertentu, mengamati penurunan muka air selama pemompaan berlangsung dan mengamati pemulihan kembali muka air setelah pompa dimatikan sesuai dengan selang waktu tertentu. Uji pemompaan terdiri dari 2 (dua) macam menurut, yaitu pengujian sumur dan pengujian akuifer (Bisri, 2012b).

Menurut Jacob, penurunan muka air di sumur akibat pemompaan dipengaruhi oleh dua komponen, yaitu :

1. Kehilangan tinggi tekan pada akuifer (*aquifer loss/BQ*)
Merupakan penurunan muka air di sumur akibat pemompaan yang disebabkan oleh aliran laminar pada akuifer itu sendiri. Besaran harga BQ bergerak linier terhadap perubahan debit pemompaan dan sangat tergantung pada sifat hidrolika dari akuifer (formasi geologinya), berarti kondisi tersebut tidak dapat diubah dan diperbaiki karena sifatnya alamiah (Bisri, 2012b).
2. Kehilangan tinggi tekan pada sumur (*well loss/CQ²*)
Merupakan penurunan muka air di sumur akibat pemompaan yang disebabkan aliran turbulen di dalam sumur. Besaran harga CQ² bergerak secara kuadrat terhadap perubahan debit pemompaan dan sangat tergantung pada karakteristik dari sumur uji seperti pencucian sumur yang kurang bersih akibat hambatan pada *gravel pack* dan pipa saringan (*screen*), artinya kondisi ini dapat diperbaiki untuk memperkecil harga kehilangan tinggi tekan pada sumur (Bisri, 2012b).

Besaran total penurunan muka air di sumur (*Sw*) dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$S_w = BQ + CQ^2 \quad (2.9)$$

Untuk mengetahui debit optimum pada suatu sumur, langkah – langkah analisisnya adalah sebagai berikut (Bisri, 2012b) :

1. Plot nilai *Sw* dari masing – masing tahap sebagai sumbu y, dan nilai Q sebagai sumbu x.
2. Mengetahui nilai Q maksimum dengan bentuk persamaan :

$$Q_{maks} = 2. \pi. r_w. D. \left(\frac{K^{0,5}}{15} \right) \quad (2.10)$$

Keterangan :

Q_{maks} = debit maksimum sumur (liter/detik)

r_w = radius efektif antara diameter borehole dan saringan (m)

D = tebal akuifer (m)

K = nilai kelolosan air (m/detik)

3. Menghitung nilai *Sw* maksimum dengan menggunakan persamaan 2.18.
4. Nilai *Q_{maks}* dan *Sw_{maks}* diplot dan ditarik garis perpotongan antara kedua garis hasil plotting, maka akan diperoleh nilai *Q_{op}* dan *Sw_{op}*. Jadi besaran *Q_{op}* merupakan dasar pemanfaatan debit air tanah yang artinya pemanfaatan debit air tanah tidak boleh lebih dari debit optimum.

2.6. Simulasi dengan Epanet 2.2

Epanet merupakan program komputer yang digunakan untuk menggambarkan simulasi hidrolis dalam jaringan pipa dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di jaringan tersebut (Rossman, 2008). Pada simulasi hidrolis ini akan menggunakan formula Hazen-Williams dan Peraturan Menteri PU nomor 18/PRT/M/2007 dengan kriteria di bawah ini :

Tabel 2. Kriteria Pipa Distribusi menurut Peraturan Menteri PU Nomor 18/PRT/M/2007

Kriteria	Notasi	Kriteria
Debit perencanaan	Q_{peak}	Kebutuhan air jam puncak $Q_{peak} = F_{peak} \times Q_{av}$
Faktor jam puncak	F_{puncak}	1,15 – 3
Kecepatan aliran air dalam pipa		
a. Kecepatan minimum	V_{min}	0,3 – 0,6 m/detik
b. Kecepatan maksimum (Pipa PVC)	V_{max}	3,0 – 4,5 m/detik
Tekanan air dalam pipa		
a. Tekanan minimum	H_{min}	0,5 – 1,0 atm (5 – 10 m) pada titik terjauh
b. Tekanan maksimum (Pipa PVC)	H_{max}	6 – 8 atm (60 – 80 m)

Sumber : (Permen PU Nomor: 18/PRT/M/2007)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Proyeksi pertumbuhan penduduk menjadi dasar penentuan kebutuhan air penduduk. Pada perhitungan proyeksi penduduk menggunakan data penduduk Desa Marmoyo tahun 2013 sampai dengan tahun 2022 dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang yang dikumpulkan sebagaimana pada tabel 3.

Tabel 3 Rekap Data Penduduk Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang Tahun 2013 s/d 2022

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2013	1.025
2014	1.027
2015	1.015
2016	1.006
2017	1.005
2018	1.102
2019	1.102
2020	1.129
2021	1.129
2022	1.121

Sumber : (BPS Kabupaten Jombang, 2023)

Dengan menghitung proyeksi penduduk dengan ketiga diatas pada periode 2013 s/d 2022 untuk menentukan besaran standar deviasi dan uji korelasi, sehingga diperoleh rekapitulasi dibawah ini :

Tabel 4. Rekap Proyeksi Penduduk Periode 2013 s/d 2022 berikut Nilai Standar Deviasi dan Uji Koefisien Korelasi Desa Marmoyo

Tahun	Jumlah Penduduk Aritmatik (Jiwa)	Jumlah Penduduk Geometrik (Jiwa)	Jumlah Penduduk Eksponensial (Jiwa)
2013	1.025	1.025	1.025
2014	1.036	1.035	1.035

2015	1.046	1.046	1.046
2016	1.057	1.056	1.056
2017	1.068	1.067	1.067
2018	1.078	1.077	1.077
2019	1.089	1.088	1.088
2020	1.100	1.099	1.099
2021	1.110	1.110	1.110
2022	1.121	1.121	1.121
Total	10.730	10.724	10.724
Standar Deviasi	33,092463	32,962480	32,962479
Uji Koefisien Korelasi	0,9	0,9	0,9

Dari ketiga metode di atas ditetapkan metode perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan Metode Eksponensial untuk digunakan pada perhitungan sampai tahun 2044, sehingga diperoleh perhitungan penduduk sampai pada tahun 2022 s/d 2044.

Tabel 5. Rekap Perhitungan Proyeksi Penduduk Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang Tahun 2022 sampai 2044 dengan Metode Eksponensial

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2022	1.121	2033	1.251
2023	1.132	2034	1.263
2024	1.144	2035	1.276
2025	1.155	2036	1.289
2026	1.167	2037	1.301
2027	1.178	2038	1.314
2028	1.190	2039	1.328
2029	1.202	2040	1.341
2030	1.214	2041	1.354
2031	1.226	2042	1.368
2032	1.238	2043	1.381
2033	1.251	2044	1.395

3.2. Debit Kebutuhan Air Penduduk

1. Kebutuhan air domestik

Mengacu pada SNI 7509-2011, kebutuhan air penduduk domestik Desa Marmoyo masuk kategori kota semi urban, sehingga perhitungan kebutuhan air domestik pada tahun 2044 adalah :

$$\begin{aligned}
 Qd &= \frac{Pt \times q}{86.400} \\
 Qd_{2044} &= \frac{Pt_{2044} \times q_{kategori \ v}}{86.400} \\
 &= \frac{1.395 \text{ jiwa} \times 60 \text{ l/orang/hari}}{86.400} \\
 &= \frac{83.700 \text{ l/hari}}{86.400} = 0,969 \text{ l/detik}
 \end{aligned}$$

2. Kebutuhan air non domestik

Perhitungan kebutuhan air non domestik tahun 2044 merupakan 20% dari kebutuhan air domestik tahun 2044, sehingga :

$$\begin{aligned}
 Qnd &= 20\% \times Qd \\
 Qnd_{2044} &= 20\% \times Qd_{2044} \\
 &= 20\% \times 0,969 \text{ l/detik} \\
 &= 0,194 \text{ l/detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh kebutuhan air baik domestik maupun non domestik Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang tahun 2022 s/d 2044.

Tabel 6. Rekap Perhitungan Proyeksi Penduduk Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang Tahun 2022 sampai 2044 dengan Metode Eksponensial

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan Air Domestik / Qd (liter/detik)	Kebutuhan Air Non Domestik / Qnd (liter/detik)
2022	1.121	0,778	0,156
2023	1.132	0,786	0,157
2024	1.144	0,794	0,159
2025	1.155	0,802	0,160
2025	1.155	0,802	0,160
2026	1.167	0,810	0,162
2027	1.178	0,818	0,164
2028	1.190	0,826	0,165
2029	1.202	0,835	0,167
2030	1.214	0,843	0,169
2031	1.226	0,851	0,170
2032	1.238	0,860	0,172
2033	1.251	0,868	0,174
2034	1.263	0,877	0,175
2035	1.276	0,886	0,177
2036	1.289	0,895	0,179
2037	1.301	0,904	0,181
2038	1.314	0,913	0,183
2039	1.328	0,922	0,184
2040	1.341	0,931	0,186
2041	1.354	0,940	0,188
2042	1.368	0,950	0,190
2043	1.381	0,959	0,192
2044	1.395	0,969	0,194

3.3. Fluktuasi Kebutuhan Air

Sebagai contoh perhitungan fluktuasi kebutuhan air Desa Marmoyo 2044.

- Debit harian rata – rata (Qaverage)

$$Q_{av\ 2044} = Qd_{2044} + Qnd_{2044}$$

$$= 0,969 + 0,194\ l/detik$$

$$= 1,163\ l/detik$$
- Debit harian maksimum (Qmax)

$$Q_{max\ 2024} = 1,1 \times Q_{av\ 2024}$$

$$= 1,1 \times 1,163\ l/detik$$

$$= 1,279\ l/detik$$
- Debit Jam Puncak (Qpeak)

$$Q_{peak\ 2044} = 1,5 \times Q_{max\ 2044}$$

$$= 1,5 \times 1,279\ l/detik$$

$$= 1,918\ l/detik$$
- Kehilangan Air (Ka)

$$Ka_{\ 2044} = 20\% \times Q_{av\ 2044}$$

$$= 20\% \times 1,163\ l/detik$$

$$= 0,233\ l/detik$$

Sehingga dapat diperoleh proyeksi fluktuasi air dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2044 sesuai dengan yang ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Rekap Fluktuasi Kebutuhan Air Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang Tahun 2022 s/d 2024

Tahun	Qd (l/d)	Qnd (l/d)	Qav (l/d)	Qmax (l/d)	Qpeak (l/d)	Ka (l/d)
2022	0,778	0,156	0,934	1,028	1,541	0,187

2023	0,786	0,157	0,944	1,038	1,557	0,189
2024	0,794	0,159	0,953	1,048	1,572	0,191
2025	0,802	0,160	0,962	1,059	1,588	0,192
2026	0,810	0,162	0,972	1,069	1,604	0,194
2027	0,818	0,164	0,982	1,080	1,620	0,196
2028	0,826	0,165	0,992	1,091	1,636	0,198
2029	0,835	0,167	1,002	1,102	1,653	0,200
2030	0,843	0,169	1,012	1,113	1,669	0,202
2031	0,851	0,170	1,022	1,124	1,686	0,204
2032	0,860	0,172	1,032	1,135	1,703	0,206
2033	0,868	0,174	1,042	1,146	1,720	0,208
2034	0,877	0,175	1,053	1,158	1,737	0,211
2035	0,886	0,177	1,063	1,169	1,754	0,213
2036	0,895	0,179	1,074	1,181	1,772	0,215
2037	0,904	0,181	1,084	1,193	1,789	0,217
2038	0,913	0,183	1,095	1,205	1,807	0,219
2039	0,922	0,184	1,106	1,217	1,825	0,221
2040	0,931	0,186	1,117	1,229	1,844	0,223
2041	0,940	0,188	1,129	1,241	1,862	0,226
2042	0,950	0,190	1,140	1,254	1,881	0,228
2043	0,959	0,192	1,151	1,266	1,899	0,230
2044	0,969	0,194	1,163	1,279	1,918	0,233

3.4. Perhitungan Debit Maksimum dan Optimum Sumur

Data *step drawdown test* terlampir pada lembar tersendiri sehingga besaran debit pemompaan dan total penurunan tiap tahap tersaji pada tabel 8.

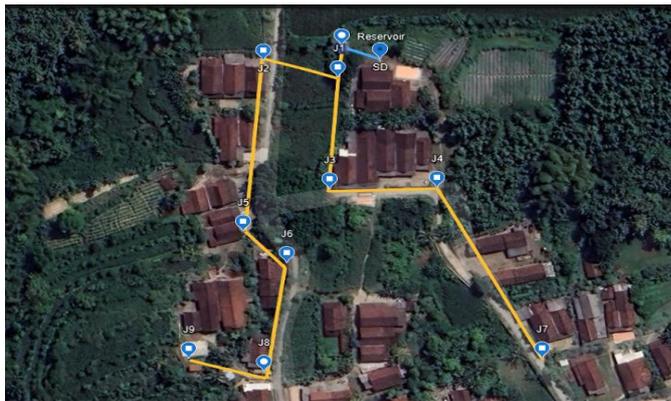
Tabel 8. Rekap Fluktuasi Kebutuhan Air Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang Tahun 2022 s/d 2024

Tahap	Q pemompaan (l/detik)	Sw (m)	BQ (m)	B (detik/m ²)	CQ ² (m)	C (detik ⁵ /m ²)
I	0,90	41,899	41,882	46,536	0,017	0,021
II	1,10	51,215	51,189		0,026	
III	1,30	60,532	60,496		0,036	

Sedangkan penentuan debit maksimum (Q_{maks}) dan debit optimum (Q_{op}) yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut.

- $Diameter\ lubang\ pengeboran = 12\ inch \times 0,0254\ m = 0,3048\ m$
- $Diameter\ pipa\ sumur = 6\ inch \times 0,0254\ m = 0,1524\ m$
- $Radius\ efektif\ (r_w) = \frac{dia\ lubang\ pengeboran + dia.pipa\ sumur}{2} = \frac{0,3048 + 0,1524\ m}{2} = 0,2286\ m$
- $Konduktifitas\ akuifer = 2,87 \times 10^{-7}\ m/detik$
- $Q_{maks} = 2 \cdot \pi \cdot r_w \cdot D \cdot \left(\frac{K^{0,5}}{15}\right) = 2 \times 3,14 \times 0,2286 \times 32 \times \left(\frac{\sqrt{2,87 \times 10^{-7}}}{15}\right) = 0,00164\ m^3/detik = 1,64\ liter/detik$
- $S_{wmaks} = BQ_{maks} + CQ_{maks}^2 = 46,536 \cdot 1,64 + 0,021 \cdot 1,64^2 = 76,38\ meter$

Sehingga nilai Q_{max} sumur dan tebal akuifer ditarik garis seperti pada pada gambar 2, sehingga dapat diperoleh 0,80 l/detik.



Gambar 2. Penentuan Debit Optimum dari Debit Maksimum

3.5. Kapasitas Reservoir

Dalam perencanaan kapasitas reservoir ini ditetapkan sebesar 20% dari kebutuhan air harian maksimum sehingga diperoleh kapasitasnya sebesar :

$$\begin{aligned}
 Q_{rv} &= 20\% \times (Q_{max}) \\
 Q_{rv_{2044}} &= 20\% \times (Q_{max_{2044}}) \\
 &= 20\% \times 1,279 \text{ liter/detik} \\
 &= 0,256 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

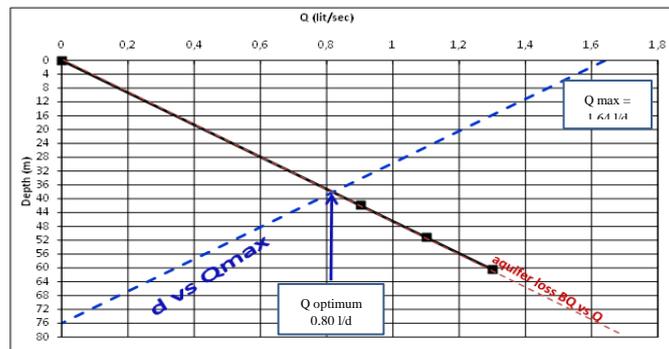
Dikonversikan menjadi :

$$\begin{aligned}
 m^3 &= \frac{0,256 \text{ liter/detik}}{1000 \text{ liter}} \times 86.400 \text{ detik} \\
 &= 22,1 m^3
 \end{aligned}$$

Dibandingkan dengan ukuran reservoir yang telah didirikan berkapasitas $4 \times 3 \times 2 \text{ m} = 24 \text{ m}^3$ dapat disimpulkan bahwa reservoir tersebut melebihi kapasitas tampungan rencana, sehingga mampu menampung air dengan kapasitas $22,1 \text{ m}^3$.

3.6. Pemodelan Jaringan dengan Epanet

Perencanaan perpipaan air bersih akan dilaksanakan di RT. 007 / RW. 002, Dusun Marmoyo, Desa Marmoyo, Kec. Kabuh, Kab. Jombang dengan jalur perpipaan berikut sumber air dan reservoir terlampir pada gambar dibawah ini.



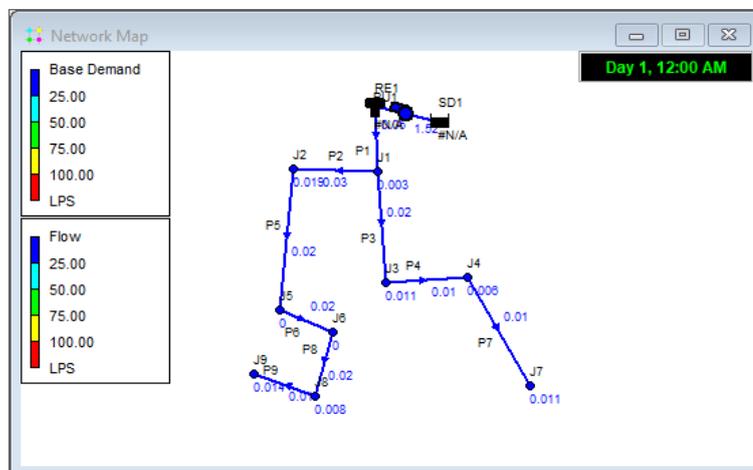
Gambar 3. Peta Rencana Jaringan RT. 007, RW. 002, Desa Marmoyo

Adapun base demand ditentukan dengan banyaknya pemasangan sambungan rumah dalam satu node berdasarkan pemakaian air per orang per hari dengan asumsi 1 SR melayani 4 anggota (Bryan et al., 1996).

Tabel 9. Node Jaringan Berikut Base Demand, Elevasi dan Jumlah SR Layanan

Node	Keterangan	Jumlah (SR)	Elevasi (m)	Base Demand (liter/detik)
J1	Junction 1	1	127,81	0,003
J2	Junction 2	7	128,06	0,019
J3	Junction 3	3	124,54	0,011
J4	Junction 4	2	121,53	0,006
J5	Junction 5	0	128,10	0,000
J6	Junction 6	0	126,68	0,000
J7	Junction 7	4	111,81	0,011
J8	Junction 8	3	123,56	0,008
J9	Junction 9	5	123,59	0,014
RE1	Reservoir 1	-	129,32	-
SD1	Sumur Dalam 1	-	53,22	-

Kemudian dilakukan pemodelan jaringan dengan Epanet 2.2. Bentuk pemodelannya dapat disimak pada gambar 4. Lalu dilakukan analisis debit aliran, kecepatan aliran, tekanan dengan kriteria mengacu pada Permen PU no. 18/PRT/M/2007. Sedangkan headloss mengikuti formula Hazen-Williams (H-W).



Gambar 4. Pemodelan Jaringan dengan Epanet

Berikut merupakan hasil simulasi hidrolis pada perpipaan RT. 007 RW. 002, Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang yang terjadi dengan menggunakan Epanet. Pada tabel 10 mengenai analisis *links* diperoleh kecepatan aliran (*velocity*) dan debit aliran (*flow*) tertinggi terletak pada P1 sebesar 0,03 m/detik dan 0,05 l/detik. Sedangkan pada analisis node pada tabel 11, tekanan tertinggi terjadi pada Node J7 sebesar 19,86 m.

Tabel 10. Hasil Analisis *Links* Jaringan Perpipaan RT. 007 RW. 002, Desa Marmoyo, Kec. Kabuh, Kab. Jombang dengan Epanet 2.2

Link	Panjang (m)	Diameter (mm)	Koef. Kekerasan	Flow (l/detik)	Velocity (m/detik)	Headloss
P1	12	50	150	0,05	0,03	0,03
P2	30	50	150	0,03	0,02	0,01
P3	58	50	150	0,02	0,01	0,00
P4	43	50	150	0,01	0,01	0,00
P5	90	50	150	0,02	0,01	0,00
P6	21	50	150	0,02	0,01	0,00
P7	92	50	150	0,01	0,00	0,00

P8	52	50	150	0,02	0,01	0,00
P9	40	50	150	0,01	0,01	0,00
PU1	N/A	-	150	1,52	0,00	-78,10

Tabel 11. Hasil Analisis Nodes Jaringan Perpipaian RT. 007 RW. 002, Desa Marmoyo, Kec. Kabuh, Kab. Jombang dengan Epanet 2.2

Node	Elevasi (m)	Base Demand (liter/detik)	Demand (liter/detik)	Head (m)	Pressure (m)
J1	127,81	0,003	0,00	131,32	3,51
J2	128,06	0,019	0,01	131,32	3,26
J3	124,54	0,011	0,01	131,32	6,78
J4	121,53	0,006	0,00	131,32	9,79
J5	128,10	0,000	0,00	131,32	3,22
J6	126,68	0,000	0,00	131,32	2,64
J7	111,81	0,011	0,01	131,32	19,86
J8	123,56	0,008	0,01	131,32	7,73
J9	123,59	0,014	0,01	131,32	1,30
RE1	129,32	-	-1,52	53,22	0,00
SD1	53,22	-	1.47	131,32	2,00

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang Studi Perencanaan Sarana Air Bersih Melalui Sistem Perpipaian di Dusun Marmoyo, Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kebutuhan debit untuk kebutuhan air bersih di Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang pada tahun 2044 terdiri dari kebutuhan air harian rata – rata sebesar 1,163 l/detik untuk 1.395 jiwa dengan kebutuhan air harian maksimum sebesar 1,279 l/detik dan pemakaian pada jam puncak sebesar 1,918 l/detik. Sedangkan untuk debit sumur dalam sebagai sumber air ternyata mampu melayani kebutuhan air bersih dengan kelebihan sebesar 0,477 l/detik.
2. Perencanaan air bersih penduduk Desa Marmoyo dilakukan dengan cara penyediaan sumur dalam. Sehubungan telah ada sumur dalam yang terletak di Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang dilakukan penentuan debit maksimum sumur dalam dan debit optimum pemompaan. Hasilnya diketahui debit maksimum sumur dalam sebesar 1,64 liter/detik dan debit optimum yang dapat diambil adalah 0,80 l/detik.
3. Skema penyaluran air akan dilakukan dengan cara pemompaan dari sumber ke tandon kemudian disalurkan ke rumah penduduk melalui sambungan rumah dengan sistem gravitasi, rencana akan dilakukan pemasangan jaringan di Dusun Marmoyo RT.007/RW. 002, Desa Marmoyo, Kecamatan Kabuh, Kabupaten Jombang. Dari hasil analisis melalui Epanet 2.2 dengan menggunakan pipa PVC diameter 2" (50 mm), kecepatan aliran tertinggi sebesar 0,04 m/detik yang berada di P1. Sedangkan untuk tekanan terbesar adalah 19,86 m yang berada di J7.

5. REFERENSI

- Badan Pusat Statistik. (2010). Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja. In Badan Pusat Statistik (Ed.), *Badan Pusat Statistik*. Badan Pusat Statistik.
- Bisri, M. (2012a). *Air Tanah* (UB Press, Ed.; 1st ed.). UB Press.
- BPS Kabupaten Jombang. (2023). *Kecamatan Kabuh dalam Angka 2023*.
- Bryan, K., Wuisan, C., Wuisan, E. M., & Binilang, A. (1996). Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU. *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU*, 5(4).
- Jayanti, A. R., Badriani, R. E., & Dhokhikah, Y. (2019a). DEVELOPMENT OF CLEAN WATER DISTRIBUTION NETWORK SYSTEM IN GENTENG SUB-DISTRICT BANYUWANGI USING EPANET 2.0 PROGRAM. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 3(2). <https://doi.org/10.19184/jrsl.v3i2.12366>

- Messakh, J. J. (2017). Pengelolaan Sumber Daya Air. In D. L. Moy (Ed.), *PMIPA PRESS*. PMIPA PRESS.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Kementerian Pekerjaan Umum RI Indonesia (2007).
- Pratiwi, D. S., Siregar, A. C., Liana, U. W. M., & Rachman, A. (2023a). STUDI PERENCANAAN PENGEMBANGAN JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR MINUM DI KECAMATAN MELAK, KABUPATEN KUTAI BARAT. *Rang Teknik Journal*, 6(2), 63–75. <https://doi.org/10.31869/rtj.v6i2.3805>
- Rachman, R. M., Sundi, T., & Sukarman, A. S. (2020). ANALISIS KEBUTUHAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI DESA LAROONHA MENGGUNAKAN SOFTWARE EPANET 2.0. *SemanTIK*, 6(1).
- Rossmann, L. (2008). EPANET 2 User Manual. *Social Studies of Science*, 38(4).
- Singal, R. Z., & Jamal, N. A. (2022). PERENCANAAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH (STUDI KASUS DESA PANCA AGUNG KABUPATEN BULUNGAN). *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 8(2), 108–119. <https://doi.org/10.47521/selodangmayang.v8i2.262>
- SNI-7509-2011. (2011). Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum. *Standar Nasional Indonesia*.