

Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih di Desa Mantren, Kabupaten Magetan, dengan Software Epanet 2.0

Burhan Barid^{a*}, Serlina Nurnagini Septiani^a

^a Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

DOI: <https://doi.org/10.18196/bce.v3i2.18942>

Abstrak

Pemenuhan air bersih meliputi sumber air, sistem pengolahannya dan distribusinya. Sistem distribusi air bersih yang belum terencana dengan tepat akan membuat air bersih tidak sampai kepada masyarakat. Hal inilah yang menjadi hambatan dalam pengelolaan air bersih, khususnya yang dikelola secara mandiri oleh masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem distribusi air bersih yang ada di Desa Mantren, Magetan. Perencanaan jaringan dilakukan dengan menggunakan *software* Epanet 2.0. Sumber air direncanakan menggunakan sumur bor dengan debit rencana 1,95 liter/detik. Tipe pengaliran menggunakan gravitasi dari tampungan air dengan ketinggian tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketinggian tampungan air yang disarankan adalah 11 meter dari permukaan tanah. Jumlah kebutuhan pipa sebanyak 55 buah. Dengan desain jaringan air yang telah dibuat, diperoleh tekanan air dalam pipa dan kecepatan aliran telah memenuhi persyaratan yang dikeluarkan Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2007. Tekanan air dalam pipa berkisar 5-80 meter dan kecepatan aliran berkisar 0,3-4,5 m/detik. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi bahan rekomendasi teknis dalam perencanaan sistem distribusi air oleh warga setempat.

Kata-kata kunci: Epanet 2.0, sistem distribusi, tekanan air, dan kecepatan aliran.

Abstract

Fulfillment of clean water includes water sources, processing systems and distribution. A clean water distribution system which is not properly planned may lead to problems in accessibility. This is a very common problems in water distribution system, especially for that is managed and owned by the community. Therefore, this research aims to analyze the clean water distribution system in Mantren Village, Magetan. Network planning is carried out using Epanet 2.0 software. The water source is planned to use a drilled well with a planned discharge of 1.95 liters/second. The water is pumped to the reservoir tank and distributed to the people by gravity force. The analysis results show that the recommended height of the reservoir tank is 11 meters from the ground surface. The number of required pipes is 55 pieces. The water pressure in the pipes and flow velocity have met the requirements issued by the Ministry of Public Works in 2007. The water pressure is in the range of 5-80 meters, while the flow velocity is in the range of 0.3-4, 5 m/sec. The results of this research is expected to provide technical recommendations in planning water distribution systems by local residents.

Keywords: Epanet 2.0, distribution system, water pressure, and flow velocity

© 2023. Bulletin of Civil Engineering UMY

Riwayat Artikel

Diserahkan
26 Juni 2023

Direvisi
18 Agustus 2023

Diterima
25 Agustus 2023

*Penulis korespondensi
burhanbarid@gmail.com

1 PENDAHULUAN

Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (Pamsimas) adalah program nasional yang bergerak dalam peningkatan akses penduduk pedesaan kepada fasilitas air minum dan sanitasi yang layak. Program ini berdiri untuk pemeratakan tercapainya kebutuhan air bersih yang tidak terjangkau oleh layanan PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum)

Program ini diwujudkan atas permasalahan keterbatasan air bersih, khususnya pada saat musim kemarau serta kualitas air yang buruk. Jumlah penduduk yang terus meningkat dapat menyebabkan aktivitas dan kebutuhan air bersih ikut meningkat sehingga kualitas

maupun kuantitas sumber air yang tersedia terus menurun (Rosita, 2014). Keterbatasan sumber air berdampak pada sulitnya memperoleh air bersih. Oleh karena itu, sistem penyediaan air bersih perlu perencanaan yang tepat, meliputi evaluasi kondisi eksisting jaringan distribusi air bersih, rencana pengembangan jaringan, kualitas air dan analisa ekonomi (Umboh dkk, 2016). Perencanaan SPAM diperlukan untuk bisa memastikan keberlanjutan penyediaan air dengan mempertimbangkan kebutuhan air masyarakat di masa mendatang atau dengan cara proyeksi jumlah penduduk sampai tahun tertentu (Ponomban, 2021).

Untuk memudahkan perencanaan jaringan, dapat digunakan Software Epanet 2.0. Epanet mensimulasikan sistem seperti rantai yang terhubung oleh *node* (Rossman, 2012). Kelebihan software ini adalah dapat mengetahui perkembangan dan pergerakan air, model kalibrasi hidrolis sebagai dasar sistem distribusi. Sistem distribusi air bersih umumnya merupakan suatu jaringan pemipaan yang tersusun atas sistem pipa, pompa, reservoir dan perlengkapan lainnya (Hendriyani dkk, 2019). Jaringan distribusi yang terpenuhi menggunakan aplikasi Epanet ditentukan dengan tekanan dan kecepatan dalam batasan tertentu (Armanto & Indarjanto, 2016). Analisis yang dilakukan dapat meliputi kapasitas produksi, ketersediaan air bersih, panjang pipa, jenis pipa, elevasi tandon dan jaringan (Lisha dkk, 2022).

Melalui program Pamsimas III, di Desa Mantren Kecamatan Karangrejo akan dikembangkan sebuah sistem penyediaan air bersih berbasis masyarakat. Air bersih ini rencananya akan diambil dari sumur gali kemudian disalurkan ke bak penampung dan warga setempat. Dengan memanfaatkan aplikasi Epanet, dilakukan kajian mengenai karakteristik hidraulis dari sistem jaringan pipa rencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku hidraulis seperti tinggi energi dan kecepatan pada titik-titik penting yang ada di dalam jaringan sistem air bersih Desa Mantren Kecamatan Karangrejo menggunakan aplikasi Epanet.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Fasilitas

Perhitungan jumlah penduduk dan fasilitas diperlukan untuk menentukan angka kebutuhan air. Terdapat tiga metode perhitungan penduduk yaitu, metode regresi, metode geometrik, dan metode eksponensial (Handiyatmo dkk, 2010). Dalam penelitian ini, sistem jaringan air bersih direncanakan mampu memenuhi kebutuhan air bersih sampai tahun 2030. Metode regresi linier dan geometrik ditunjukkan pada persamaan berikut (Progo, 2022).

$$P_t = P_0 (1+r)^t \quad (1)$$

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2)$$

Dimana: P_t adalah jumlah penduduk pada tahun t , P_0 adalah jumlah penduduk pada tahun dasar, r adalah laju pertumbuhan penduduk, dan t yaitu Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.2 Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air bersih domestik dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi air bersih, penyediaan dan permintaan air bersih, proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan air bersih (Afriyanda dkk, 2018). Dalam pendistribusian air bersih, terdapat proyeksi kebutuhan air yang didasarkan pada kebutuhan domestik, non-domestik, dan kehilangan air.

Penentuan kebutuhan domestik didasarkan pada jumlah penduduk suatu wilayah (Tabel 1), sedangkan kebutuhan non-domestik didasarkan atas jumlah fasilitas yang diasumsikan antara 15-30% dari total air domestik (BSN, 2002). Pada penelitian ini ditentukan nilai 15%

sebagai kebutuhan air non-domestik, kebutuhan air non-domestik yaitu diperhitungkan dengan jumlah fasilitas di suatu daerah (Tabel 2).

Tabel 1 Kebutuhan air domestik (BSN, 2002)

Kategori Kota	Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan (l/orang/hari)
Semi urban	3,000 - 20,000	60 - 90
Kota kecil	20,000 - 100,000	90 - 110
Kota sedang	100,000 - 500,000	100 - 125
Kota Besar	500,000 - 1,000,000	120 - 150
Metropolitan	>1,000,000	150 - 200

Tabel 2 Kebutuhan air non-domestik kategori V (Desa) ((PermenPU, 2007)

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	l/murid/hari
Rumah Sakit	200	l/bed/hari
Puskesmas	1200	l/unit/hari
Masjid	3000	l/unit/hari
Mushola	2000	l/unit/hari
Pasar	12000	l/ha/hari
Komersial/Industri	10	l/hari

Kehilangan air merupakan selisih dari jumlah air tersedia dengan air terkonsumsi. Kehilangan air ditentukan dengan asumsi sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata di mana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

Mengingat kebutuhan air akan meningkat dari waktu ke waktu, maka diperlukan analisis pada kondisi dimana kebutuhan mengalami puncaknya ($Q_{hpuncak}$) (Kalensun dkk, 2016).

$$Q_r = Q_d + Q_n + Q_a \quad (3)$$

$$Q_{hmax} = f_{max} \times Q_r \quad (4)$$

$$Q_{hpuncak} = f_{max} \times Q_r \quad (5)$$

Dimana Q_r adalah kebutuhan air rata-rata (l/hari), Q_d adalah kebutuhan air domestik (l/hari), Q_n adalah kebutuhan air non-domestik (l/hari), Q_a adalah kehilangan air (l/hari), Q_{hmax} adalah kebutuhan air hari maksimum (l/hari), f_{max} adalah faktor kebutuhan air maksimum (1,1 - 1,5), dan $Q_{hpuncak}$ adalah kebutuhan air hari maksimum (l/hari).

2.3 Analisis Sifat Hidraulis Jaringan Menggunakan Epanet

Epanet adalah sebuah program komputer berbasis *windows* yang membuat simulasi hidraulik dalam suatu jaringan sistem distribusi air minum. Input dari software ini antara lain adalah peta, *node/junctions*/titik komponen distribusi, elevasi, dimensi pipa, dan lain sebagainya. Sedangkan output yang dihasilkan berupa hidrolis head pertitik beserta tekanan dan kualitas air. Komponen fisik dari program ini adalah *node* yang merupakan simulasi tank, reservoir, dan *junction* serta *link* berupa penghubung *node* sebagai simulasi pipa. Dalam aplikasi

ini, tinggi kehilangan energi dapat dihitung menggunakan persamaan Hazen-Williams.

$$Q = 0,2785 \times C \times d^{2,63} \times S^{0,54} \dots\dots (6)$$

$$S = \frac{h}{L} (7)$$

$$h_f = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times d^{2,63}} \right)^{1,85} \times L (8)$$

Dari perhitungan kehilangan tekanan menggunakan persamaan Hazen-Williams, dapat ditentukan tinggi tekanan efektif (h). Tinggi tekan efektif ini selisih antara beda tinggi dan kehilangan tekanan akibat gesekan (hf).

$$H = H_s - H_f (9)$$

Dimana Q adalah debit aliran (l/detik), C adalah koefisien kekasaran pipa (Tabel 3), d adalah diameter pipa (m), S adalah kemiringan hidrolis (m), hf adalah kehilangan tinggi tekanan/headloss(m), dan L adalah panjang pipa (m).

Jaringan distribusi air bersih di Desa Mantren, Kecamatan Karangrejo, Kabupaten Magetan ini direncanakan menggunakan tipe jaringan *branch* (cabang). Sistem pengaliran berupa sistem gravitasi yang dialirkan mulai dari menara air dengan tinggi rencana total 13-meter dengan ketinggian plat dasar 11 meter dari muka tanah dasar menuju pelanggan. Pemodelan jaringan distribusi air bersih ini menggunakan data-data kebutuhan air untuk tahun 2035 sesuai tahun perencanaan untuk program Pamsimas.

Sebelum dilakukan perancangan jaringan, terlebih dahulu dilakukan survei pengamatan untuk melihat situasi, koordinat serta ketinggian lokasi. Titik-titik survei seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dimasukkan ke dalam *software* Epanet 2.0. sebagai *junction/node*. *Junction-junction* dihubungkan dengan *link* sebagai penggambaran dari pipa.

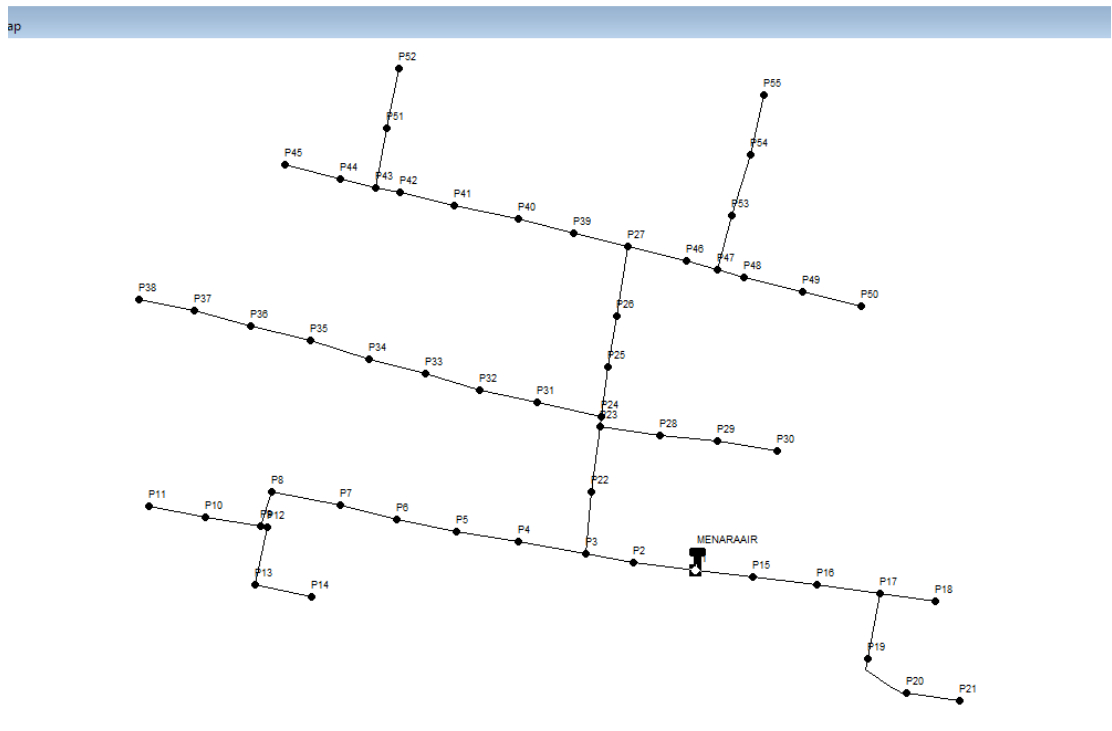
Pemodelan menggunakan kondisi satu jam puncak, yang artinya konsumsi air tidak ada lonjakan debit yang berubah-ubah setiap jamnya. Hasil dari analisis jaringan selanjutnya dicocokkan dengan standar kriteria yang dikeluarkan oleh Pemerintah (Tabel 4).



Gambar 2 Titik-titik survei

Tabel 3 Koefisien kekasaran pipa Hazen-Williams (BSN, 2015)

Jenis Pipa	Nilai C
Asbes cement (ACP)	120
U-PVC	120
PE	130
Ductile (DCIP)	110
Besi tuang (CIP)	110
GIP	110
Baja	110
Pre-stress Concrete (PSC)	120



Gambar 3 Pemodelan jaringan distribusi (dengan nomor node)

Tabel 4 Kriteria pipa distribusi (Kementerian PUPR, 2020)

No	Uraian	Kriteria
1	Debit perencanaan	Kebutuhan air jam puncak
2	Faktor hari maksimum	1,15 - 3
3	Kecepatan aliran air dalam pipa	
	a) Kecepatan minimum	0,3-0,6 m/det
	b) Kecepatan maksimum	
	Pipa PVC/ACP	3,0 - 4,5 m/det
	Pipa baja/DCIP	6,0 m/det
4	Tekanan air dalam pipa	
	a) Tekanan minimum	0,5 - 1 atm pada titik pelayanan terjauh
	b) Tekanan maksimum	
	Pipa PVC/ACP	6-8 atm
	Pipa baja/DCIP	10 atm
	Pipa PE 100	12,4 MPa
	Pipa 80	9,0 Mpa

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Air

a. Perhitungan proyeksi penduduk dan fasilitas

Proyeksi penduduk diperhitungkan sesuai dengan umur rencana yang digunakan. Dari Tabel 5, didapatkan angka 1,5% untuk rata-rata rasio pertumbuhan penduduk. Proyeksi pertumbuhan penduduk menggunakan metode geometri ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 5 Jumlah penduduk beberapa tahun lalu

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan (%)
2014	1,033	-
2015	1,048	1,5
2016	1,061	1,2
2017	1,085	2,3
2018	1,100	1,4
2019	1,114	1,3
Rata-Rata		1,5

Tabel 6 Proyeksi penduduk

Uraian	Jumlah Penduduk Tahun ke-n (Jiwa)			
	2020	2025	2030	2035
Jumlah penduduk	1130	1218	1312	1413

Tabel 7 Rekapitulasi kebutuhan air

Tahun	Kebutuhan Domestik		Kebutuhan Non-domestik		Kehilangan Air		Total	
	Liter/hari	L/detik	Liter/hari	L/detik	Liter/hari	L/detik	Liter/hari	L/detik
2020	101.700	1,1771	15.255	0,1766	17.547,8	0,2031	134.508	1,5568
2025	109.620	1,2688	16.443	0,1903	18.913	0,2189	144.979	1,678
2030	118.080	1,3667	17.712	0,205	20.373,1	0,2358	156.168	1,8075
3035	127.170	1,4719	19.075,5	0,2208	21.937	0,2539	168.186	1,9466

b. Perhitungan Kebutuhan Air

Pada penelitian ini, ditentukan lokasi penyediaan air berada di wilayah semi urban dengan rentang kebutuhan air untuk kebutuhan domestik sebesar 60-90 liter/orang/hari. Dibuat anggapan tingkat pelayanan sebesar 100% atau keseluruhan dari total penduduk dengan nilai kebutuhan domestik diambil 90 liter/orang/hari, yaitu angka terbesar dari rentang kebutuhan air domestik.

Untuk kebutuhan non-domestik ditentukan nilai sebesar 15% dari total kebutuhan air domestik. Selain kebutuhan domestik dan kebutuhan non-domestik, kebutuhan air juga memperhitungkan angka kehilangan air. Kehilangan air yang diperhitungkan pada perencanaan ini adalah kehilangan air teknis. Pada perencanaan ini, ditentukan angka kehilangan air sebesar 15% dari total kebutuhan air domestik dan non-domestik.

Kebutuhan air akan mengalami fluktuasi pemakaian air pada hari dan/atau jam tertentu. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan kebutuhan air hari maksimum dan kebutuhan air jam puncak. Faktor hari maksimum yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 1,1 dan faktor jam puncak yang digunakan adalah 2,5. Ketentuan faktor jam puncak adalah berkisar pada 1,1 - 1,5 untuk faktor hari maksimum dan 1,15 - 3 untuk faktor jam puncak.

Tabel 8 Perhitungan kebutuhan fluktuasi pemakaian air

Tahun	Kebutuhan Rata-Rata (L/detik)	Kebutuhan Hari Maks (L/detik)	Kebutuhan Jam Puncak (L/detik)
2020	1,5568	1,7125	3,892
2025	1,678	1,8458	4,195
2030	1,8075	1,9883	4,5188
3035	1,9466	2,1413	4,8665

3.2 Sistem Distribusi Air Bersih

a. Pemodelan Software Epanet 2.0

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan, pipa-pipa yang tidak termasuk pipa distribusi berjumlah 18 pipa dengan nomor pipa 11, 12, 13, 14, 18, 20, 21, 29, 30, 38, 45, 49, 50, 51, 52, 53, 54, dan 55. Pipa-pipa tersebut masuk ke kategori sambungan rumah atau pipa pelayanan. Menurut Suweden, dkk (2016), pipa pelayanan atau sambungan ke rumah menggunakan diameter pipa mulai dari 0,75" sampai 0,5".

Berdasarkan perencanaan ini, pipa-pipa yang dikategorikan sebagai sambungan rumah memiliki diameter 0,75", dengan nomor pipa 11, 12, 13, 14, 18, 20, 21, 29, 38, 45, 49, 51, 52, 53, dan 54, dan diameter 0,5" dengan nomor pipa 30, 50, dan 55. Sedangkan untuk pipa distribusi dimulai dari diameter 3" sampai 1". Beberapa hasil output dari pemodelan Epanet 2.0 dalam tabel dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9 Output untuk Junction/node

Node ID	Tinggi tekanan (m)	Tinggi Tekanan sisa (m)	Node ID	Tinggi tekanan (m)	Tinggi Tekanan sisa (m)
Menara Air	111,00	11	Junc P15	110,66	10,66
Junc P1	110,89	10,89	Junc P46	109,13	10,13
Junc P2	110,5	10,5	Junc P52	106,46	7,46
Junc P3	110,11	10,11	Junc P55	107,31	9,31

Tabel 10 Output untuk links/pipa

Link ID	Diameter (mm)	Debit (l/det)	Kecepatan (m/s)	Kehilangan Tekanan (m/km)
Pipe 1	89	4,87	0,78	10,28
Pipe 2	89	4,23	0,68	7,94
Pipe 15	48	0,62	0,34	4,62
Pipe 52	26	0,15	0,28	6,39
Pipe 55	22	0,13	0,35	11,66

b. Evaluasi Jaringan Distribusi

Setelah dilakukan pemodelan jaringan distribusi air bersih menggunakan software Epanet 2.0, jaringan distribusi harus dievaluasi. Pengevaluasian jaringan distribusi ini didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tentang penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum. Evaluasi tersebut meliputi:

1. Kecepatan air mengalir dalam pipa berkisar pada 0,3 – 4,5 meter/detik.
2. Tinggi tekanan air dalam pipa distribusi yang harus disediakan minimum 5 meter dan tinggi tekanan maksimum yang diizinkan adalah 80 meter.
3. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC kelas S-12,5 dengan kemampuan menahan tekanan sampai 10 bar atau sekitar 100 meter beda tinggi.

a) Debit Aliran

Debit terbesar untuk perencanaan ini bernilai 4,87 liter/detik, yang mana debit tersebut merupakan nilai untuk debit jam puncak pada perencanaan ini. Debit kebutuhan tersebut dapat dikatakan dapat dipenuhi oleh debit ketersediaan pada sumber. Berdasarkan hasil penyelidikan geolistrik yang dilakukan untuk penentuan lokasi sumber air, didapatkan hasil 5 liter/detik untuk debit ketersediaan di lokasi sumber air.

b) Kecepatan (Velocity)

Kecepatan yang memenuhi persyaratan adalah kecepatan yang nilainya berada pada rentang 0,3 – 4,5 meter/detik. Syarat tersebut sesuai dengan Tabel 2.4 dan berlaku untuk pipa distribusi. Jika terdapat pipa yang tidak memenuhi syarat namun pipa tersebut bukan pipa distribusi atau merupakan sambungan rumah maka pipa tersebut tidak harus memenuhi persyaratan kecepatan.

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan, keseluruhan pipa untuk pipa distribusi telah memenuhi persyaratan yaitu berada pada rentang 0,3 – 4,5 meter/detik. Walaupun terdapat perbedaan nilai antara *output* pada Epanet 2.0 dan perhitungan manual. Namun perbedaan nilai tersebut hanya kecil.

c) Kehilangan Tinggi Tekanan (*Head Losses*) dan *Unit Headloss*

Kehilangan tinggi tekanan ini diperhitungkan menggunakan metode persamaan Hazen-Williams. Pada *software* Epanet 2.0, kehilangan tekanan ini dinyatakan dalam m/km dengan nama *unit headloss*. Kehilangan tinggi tekanan (*hf*) terbesar pada perencanaan ini terjadi pada pipa nomor 43 dengan nilai *headlosses* sebesar 0,7954 meter atau dalam *unit headloss* menjadi 26,51 m/km.

d) Tinggi Tekanan Sisa (*Pressure*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tentang penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum, pipa distribusi setidaknya memiliki tekanan air dalam pipa minimum 5 m dan maksimum 80 m. Hasil perencanaan ini menghasilkan tekanan paling kecil sebesar ± 5,72, yaitu pada titik P11. Oleh karena tekanan terkecil dalam pipa sudah memenuhi persyaratan dapat dibuat anggapan bahwa keseluruhan pipa distribusi pada rencana jaringan telah memenuhi persyaratan dalam aspek tekanan.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan prediksi proyeksi jumlah penduduk, disimpulkan bahwa jumlah kebutuhan air rata-rata di Tahun 2020 yang semula 1,56 liter/detik naik hingga 1,95 liter/detik pada tahun 2035 dengan kebutuhan jam puncak 4,87 liter/detik.

Hasil analisis jaringan pipa pada tahun rencana 2035 dinyatakan telah memenuhi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007. Kehilangan tekanan terbesar sebesar 0,8 meter. Tinggi tekanan sisa terkecil pada jaringan pipa sebesar 5,72. Titik pelayanan terjauh memiliki panjang total 701,5 meters. Kecepatan tertinggi mencapai sebesar 0,78 m/detik

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan hasil dari program hibah pengabdian internal yang diadakan di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan pengelola PAMSIMAS di Kecamatan Karangrejo, Kabupaten Magetan atas kerjasama yang baik sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

6 DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanda, R., Mulki, G. Z., & Fitriani, M. I., 2018, Analisis Kebutuhan Air Bersih Domestik di Desa Penjajap Kecamatan Pemangkat Kabupaten Sambas. *PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(2), 1–11.
- Armanto, R. N., & Indarjanto, H., 2016, Analisis dan Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum di PDAM Unit Plosowahyu Kabupaten

- Lamongan. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- BSN., 2002, Standar Nasional Indonesia No. 19-6728.1-2002 Penyusunan Neraca Sumber Daya - Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial. *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, ICS 13.060, 10.
- Handiyatmo, D., Sahara, I., & Rangkuti, H., 2010. Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja. In *BPSJakarta*.
- Hendriyani, I., Kencanawati, M., & Salam, A. N., 2019, Analisis Kebutuhan Air Bersih IPA PDAM Samboja Kutai Kartanegara. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2), 87-97.
- Kalensun, H., Kawet, L., & Halim, F., 2016, Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(2), 105-115.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat., 2007. *Permen PUPR Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*.
- Lisha, S. Y., Fitriada, W., Sawir, H., & Putra, T. P., 2022, Analisis Sistem Distribusi Air Bersih Menggunakan Epanet 2.0 Di Pdam Tirta Langkisau Unit Pelayanan Lumpo. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 22(2), 417.
- Pamsimas., 2019, *POB Perencanaan SPAM Perdesaan Pamsimas*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum., 2007, *Penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta
- Ponomban, K., 2021, Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Eris Kecamatan Eris Kabupaten Minahasa. *Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado*, 9(4), 1-10.
- Progo, K., 2022, *Kajian Kebutuhan Dan Ketersediaan Sumber Air Spamdes Di Dusun Kaliapak* , 2(2).
- Rosita, N., 2014, Analisis Kualitas Air Minum Isi Ulang Beberapa Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Tangerang Selatan. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 134-141.
- Rossman, L. A., 2012, *Epanet 2 Users Manual Versi Bahasa Indonesia* (Issue September).
- SNI-7509-2011., 2011, Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Suweden, I., Suryawan, A., Dana, I., & Arsana, I., 2016, Bimbingan Teknis Pemasangan Pipa Polyethylene Untuk Sistem Air Bersih Banjar Kaja-Kauh Desa Sudaji. *Jurnal Udayana Mengabdikan*, 15(2), 67-73.
- Umboh, D. E., Wuisan, E. M., Tanudjaja, L., Teknik, F., Sipil, J. T., Sam, U., & Manado, R., 2016, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Kabupaten Minahasa*. 4(6), 357-366.