ANALISIS JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR PDAM DI KECAMATAN LABUHAN BADAS KABUPATEN SUMBAWA BESAR MENGGUNAKAN EPANET 2.2

Zulkarnaen[1], Eni Nuraini[2], Padusung[3], Yusrizal Aditya Trinanda[4*]
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Samawa, Sumbawa Besar, Indonesia
*Email: yusrizaltrinanda@gmail.com

Abstrak: Permasalahan pada sistem distribusi air PDAM di Kecamatan Labuhan Badas Kabupaten Sumbawa Besar meliputi keterbatasan kapasitas suplai, tekanan dan debit yang belum memenuhi kebutuhan pelayanan, kecepatan aliran yang tidak sesuai kriteria, serta kehilangan energi (headloss) yang tinggi pada beberapa ruas jaringan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi jaringan pipa distribusi air PDAM di Kecamatan Labuhan Badas menggunakan EPANET 2.2 berdasarkan parameter tekanan, debit, kecepatan aliran, dan kehilangan energi (headloss), serta mengidentifikasi permasalahan yang terdapat pada sistem distribusi. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan data primer berupa hasil pengamatan dan pengukuran lapangan serta data sekunder berupa data kependudukan, kebutuhan air, jumlah pelanggan, peta jaringan, data teknis pipa, elevasi, debit, dan kapasitas suplai. Pemodelan dan simulasi hidraulika jaringan dilakukan menggunakan EPANET 2.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah penduduk tahun 2025 sebesar 37.097 jiwa dengan tingkat pelayanan sebesar 17% atau 1.285 sambungan rumah (SR). Kebutuhan air rata-rata sebesar 13,53 L/det, sedangkan kapasitas suplai eksisting sebesar 11,20 L/det sehingga terjadi defisit sebesar 2,33 L/det. Proyeksi kebutuhan air rata-rata pada tahun 2045 meningkat menjadi 56,95 L/det dengan defisit sebesar 45,75 L/det apabila kapasitas suplai tidak ditingkatkan. Hasil simulasi EPANET 2.2 menunjukkan masih terdapat beberapa bagian jaringan yang belum memenuhi kriteria pelayanan, baik pada junction maupun pipa. Nilai headloss terbesar terdapat pada pipa 171–174 sebesar 105,1 m, sedangkan nilai terkecil terdapat pada pipa 91 sebesar 0,005 m. Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan evaluasi dan pengembangan jaringan untuk meningkatkan kinerja serta cakupan pelayanan air minum di Kecamatan Labuhan Badas.

Kata Kunci*: jaringan distribusi air, PDAM, EPANET 2.2, tekanan, headloss.*

1.Pendahuluan

Air minum merupakan kebutuhan dasar masyarakat yang harus tersedia secara berkelanjutan dari aspek kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2025) menekankan bahwa penyediaan air minum perlu memperhatikan aspek kuantitas, kualitas, dan kontinuitas pelayanan. Pertumbuhan penduduk, perkembangan permukiman, dan meningkatnya aktivitas masyarakat menyebabkan kebutuhan air terus bertambah sehingga sistem distribusi harus mampu menyalurkan air secara memadai ke wilayah pelayanan.

Pelayanan air minum di Kecamatan Labuhan Badas Kabupaten Sumbawa Besar dikelola melalui sistem penyediaan air minum yang melayani sebagian wilayah kecamatan. Berdasarkan data Review Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) Kabupaten Sumbawa Tahun 2025, kapasitas yang dialokasikan untuk pelayanan Kecamatan Labuhan Badas sebesar 11,20 L/det, sedangkan kebutuhan rata-rata tahun 2025 mencapai 13,53 L/det. Kondisi tersebut menunjukkan adanya defisit 2,33 L/det. Cakupan pelayanan juga masih terbatas, yaitu 1.285 SR atau sekitar 17% dari jumlah penduduk (Pemerintah Kabupaten Sumbawa, 2025). Evaluasi terhadap ketersediaan debit suplai PERUMDAM/PDAM dalam memenuhi kebutuhan pelanggan di wilayah Kabupaten Sumbawa juga telah disoroti oleh Zulkarnaen dkk. (2021), yang menemukan ketimpangan antara kapasitas debit yang dialirkan dengan total kebutuhan masyarakat.

Permasalahan distribusi air dapat berupa tekanan yang tidak memadai, debit yang tidak sesuai kebutuhan, kecepatan aliran yang terlalu rendah atau tinggi, serta kehilangan energi atau kehilangan debit air pada ruas pipa/saluran. Eni Nuraini dkk. (2024) mengidentifikasi bahwa kehilangan air pada sistem distribusi perpipaan PERUMDAM dapat berdampak signifikan pada penurunan tekanan serta ketidakmerataan suplai air terutama pada jam puncak pemakaian. Selain itu, analisis kehilangan debit air akibat rembesan dan karakteristik fisik saluran juga menjadi fokus penting dalam optimalisasi efisiensi penyaluran air (Padusung dkk., 2024). Departemen Pekerjaan Umum (2025) menjelaskan bahwa tekanan merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan sistem distribusi agar air dapat sampai ke wilayah pelayanan. Menurut Triatmodjo (1993), analisis hidraulika jaringan perpipaan perlu memperhatikan debit, kecepatan aliran, dan kehilangan energi. EPANET 2.2 digunakan dalam penelitian ini untuk memodelkan dan mensimulasikan kondisi hidraulika jaringan sehingga kinerja jaringan dapat dievaluasi berdasarkan parameter debit, tekanan, kecepatan aliran, dan headloss (Rossman, 2000).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi hidraulika jaringan pipa distribusi air PDAM di Kecamatan Labuhan Badas, mengetahui tingkat kehilangan energi pada jaringan, dan mengidentifikasi permasalahan yang memerlukan evaluasi. Pendekatan evaluasi menggunakan parameter hidraulika jaringan juga diterapkan dalam penelitian Alfitra (2023), yang menggunakan EPANET 2.2 untuk mengevaluasi kondisi jaringan pipa distribusi air. Tujuan tersebut disusun untuk memberikan gambaran kondisi jaringan eksisting dan menjadi dasar bagi pengembangan pelayanan air minum di wilayah penelitian.

2. Metode

2.1 Lokasi dan data penelitian

Penelitian dilaksanakan pada jaringan distribusi air PDAM di Kecamatan Labuhan Badas, Kabupaten Sumbawa Besar. Wilayah penelitian mencakup jaringan yang melayani kawasan di Kecamatan Labuhan Badas. Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan lapangan, pengukuran tekanan air pada titik tertentu, observasi kondisi fisik jaringan, dan wawancara dengan petugas PDAM. Data sekunder meliputi peta jaringan, diameter dan panjang pipa, jumlah pelanggan, elevasi, debit dan kapasitas produksi, data operasional, serta data RISPAM Kabupaten Sumbawa.

2.2 Analisis kebutuhan air

Analisis kebutuhan air dilakukan berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pelayanan, jumlah sambungan rumah (SR), kebutuhan domestik dan non-domestik, serta kehilangan air. Penentuan kebutuhan air diawali dengan proyeksi penduduk menggunakan tiga metode, yaitu metode aritmatika, geometri, dan eksponensial. Metode yang paling sesuai berdasarkan hasil perbandingan digunakan untuk menentukan jumlah penduduk pada tahun perencanaan.

Metode aritmatika dihitung dengan persamaan:

$$P_n = P_o + Ka\ (T_n - T_o) \qquad (1)$$

Metode geometri:

$$P_n = P_o\ (1 + r)^n \qquad (2)$$

Sedangkan metode eksponensial:

$$P_n = P_0 \times e^{rt} \quad (3)$$

Proyeksi kebutuhan air dilakukan hingga tahun 2045 untuk mengetahui perkembangan kebutuhan air dan mengevaluasi kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan pada masa mendatang. Hasil perhitungan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pemodelan dan evaluasi jaringan distribusi menggunakan EPANET 2.2.

2.3 Pemodelan EPANET 2.2

Model jaringan disusun dengan merepresentasikan reservoir sebagai sumber air, junction sebagai titik simpul, dan pipe sebagai ruas pipa. Setiap junction diberikan data elevasi dan kebutuhan air, sedangkan setiap pipa diberikan panjang, diameter, dan koefisien kekasaran. Reservoir dalam sistem distribusi berperan sebagai tempat penyimpanan sekaligus membantu menjaga keberlangsungan penyaluran air dalam sistem (Noerbambang & Morimura, 2005). Kebutuhan air pada wilayah penelitian digunakan sebagai dasar penentuan *base demand* pada junction. Model kemudian dijalankan menggunakan EPANET 2.2 untuk memperoleh debit, tekanan, kecepatan aliran, dan headloss. Penggunaan EPANET 2.2 untuk analisis ketersediaan dan kondisi hidraulika jaringan juga diterapkan oleh Saputra (2023).

Analisis debit dan kecepatan secara teoritis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = A \times V \quad (1)$$

$$V = Q / A \quad (2)$$

dengan Q adalah debit aliran (m^3/det), A adalah luas penampang pipa (m^2), dan V adalah kecepatan aliran (m/det). Kehilangan energi dihitung menggunakan persamaan Hazen–Williams (Triatmodjo, 1993):

$$hf = 10{,}67 \times L \times Q^{1{,}85} / (C^{1{,}85} \times D^{4{,}87}) \quad (3)$$

Hasil simulasi selanjutnya dievaluasi berdasarkan kriteria teknis jaringan distribusi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dengan mengacu pada standar dan pedoman teknis yang relevan, khususnya SNI 7509:2011 tentang tata cara perencanaan teknik jaringan distribusi dan unit pelayanan SPAM serta SNI 7831:2012 tentang perencanaan SPAM. Kedua standar tersebut tercatat berstatus berlaku pada Badan Standardisasi Nasional. Evaluasi dilakukan terhadap parameter tekanan dan kecepatan aliran untuk mengetahui kesesuaian kondisi hidraulika jaringan, sedangkan nilai headloss digunakan untuk mengidentifikasi besarnya kehilangan energi pada setiap ruas pipa. Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar dalam mengidentifikasi bagian jaringan yang memerlukan perhatian atau evaluasi lebih lanjut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi pelayanan dan kebutuhan air

Kondisi eksisting tahun 2025 menunjukkan bahwa Kecamatan Labuhan Badas memiliki 37.097 jiwa dan 7.419 KK. Penduduk yang telah terlayani sebanyak 6.425 jiwa atau 1.285 SR, sehingga tingkat pelayanan baru mencapai 17%. Kebutuhan domestik sebesar 9,16 L/det dan kebutuhan non-domestik sebesar 1,37 L/det. Setelah memperhitungkan kehilangan air sebesar 2,99 L/det, kebutuhan rata-rata menjadi 13,53 L/det, sedangkan kapasitas suplai eksisting hanya 11,20 L/det. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pelayanan eksisting belum mampu memenuhi kebutuhan rata-rata, sehingga pengembangan jaringan perlu mempertimbangkan kecukupan debit dan tekanan pada wilayah pelayanan (Mays, 2000).

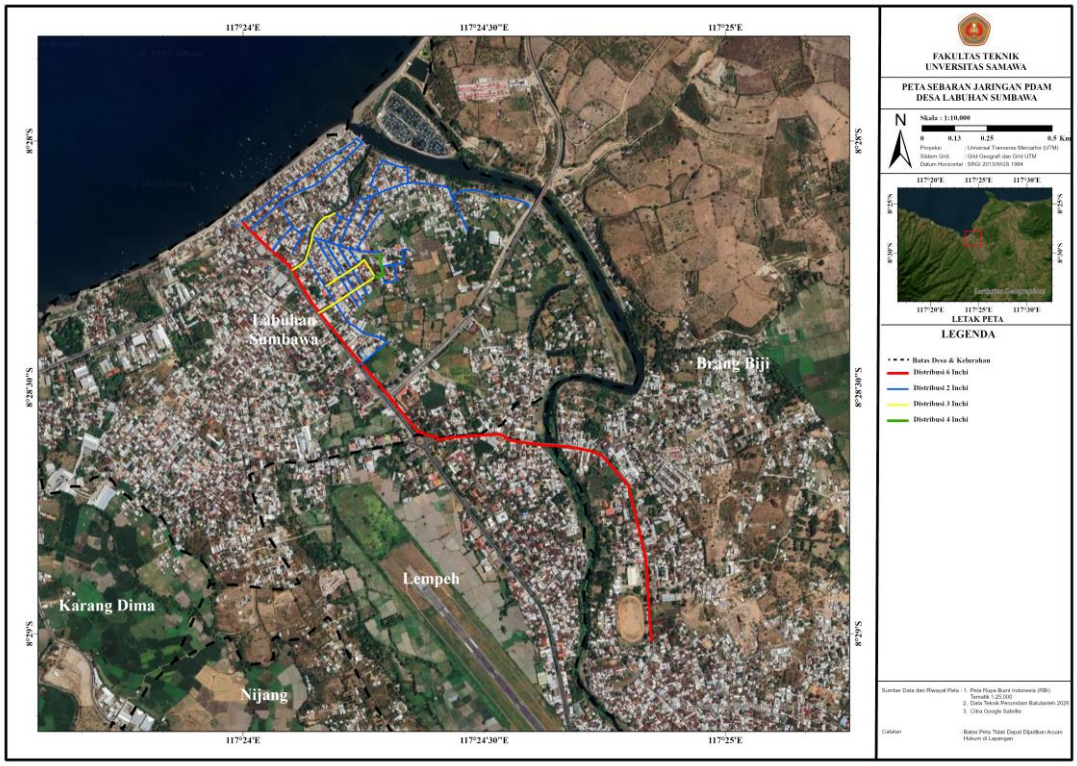
Tabel 1. Kondisi eksisting pelayanan air minum Kecamatan Labuhan Badas tahun 2025

Parameter	Satuan	Kondisi 2025
Jumlah penduduk	jiwa	37.097
Penduduk terlayani	jiwa	6.425
Tingkat pelayanan	%	17
Kebutuhan rata-rata	L/det	13,53
Suplai eksisting	L/det	11,20

Proyeksi kebutuhan menunjukkan kecenderungan peningkatan yang signifikan.Tingkat pelayanan diproyeksikan meningkat dari 17% pada tahun 2025 menjadi 54% pada tahun 2045, sedangkan jumlah SR meningkat dari 1.285 menjadi 4.754 SR. Kebutuhan rata-rata meningkat dari 13,53 L/det pada tahun 2025 menjadi 56,95 L/det pada tahun 2045. Dengan kapasitas suplai tetap 11,20 L/det, defisit meningkat dari 2,33 L/det menjadi 45,75 L/det.

Tabel 2. Proyeksi kebutuhan air Kecamatan Labuhan Badas pada tahun-tahun utama

Tahun	Penduduk (jiwa)	Pelayanan	SR	Kebutuhan rata-rata (L/det)	Suplai (L/det)	Defisit (L/det)
2025	37.097	17%	1.285	13,53	11,20	-2,33
2026	37.416	20%	1.486	15,48	11,20	-4,28
2030	38.719	30%	2.327	24,44	11,20	-13,24
2035	40.015	40%	3.478	41,67	11,20	-30,47
2040	41.317	47%	4.075	50,05	11,20	-38,85
2045	42.620	54%	4.754	56,95	11,20	-45,75



Gambar 1. Jaringan pipa distribusi air pada wilayah penelitian

Pada tahun 2025, pelayanan terbesar terdapat pada Desa Labuhan Sumbawa dan Karang Dima. Desa Labuhan Sumbawa memiliki 995 SR dengan tingkat pelayanan 33%, sedangkan Desa Karang Dima memiliki 290 SR dengan tingkat pelayanan 16%. Beberapa desa lainnya belum memperoleh pelayanan pada sistem yang dihitung dalam proyeksi

tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas sumber dan perluasan jaringan merupakan kebutuhan penting dalam pengembangan sistem.

3.2 Pemodelan dan hasil simulasi EPANET 2.2

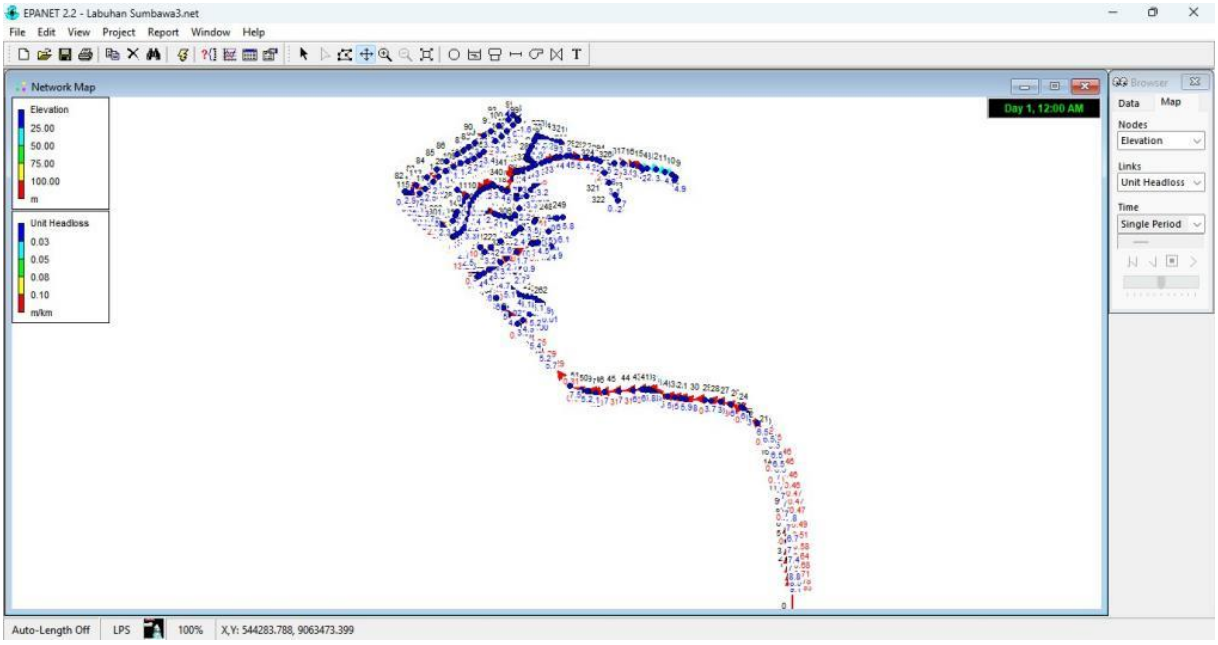
Model jaringan distribusi dibuat berdasarkan komponen reservoir, junction, dan pipe. Data jaringan eksisting dimasukkan ke dalam EPANET 2.2, kemudian model dijalankan untuk memperoleh parameter hidraulika. Model jaringan memuat pipa hingga P-297 dan node hingga J-288, dengan reservoir sebagai sumber air.

Hasil simulasi menunjukkan adanya variasi kondisi hidraulika di sepanjang jaringan. Debit pada setiap pipa dipengaruhi oleh kebutuhan pada junction, konfigurasi jaringan, diameter dan panjang pipa, serta perbedaan elevasi. Kecepatan aliran juga bervariasi antarruas sehingga perlu dilakukan pemeriksaan terhadap ruas yang memiliki nilai di luar kriteria yang digunakan.

Tekanan merupakan salah satu indikator kemampuan jaringan dalam menyediakan air pada titik pelayanan. Berdasarkan hasil simulasi, terdapat 4 junction yang teridentifikasi memerlukan evaluasi karena memiliki nilai tekanan sebesar 72,01 m, sedangkan kriteria yang digunakan dalam penelitian adalah 10–70 m. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tekanan pada junction tersebut berada sedikit di atas batas kriteria yang digunakan sehingga perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap kondisi jaringan dan pengaturan tekanan.

Tabel 3. Ringkasan hasil evaluasi hidraulika EPANET 2.2

Parameter	Hasil utama	Evaluasi	Nilai Aktual	Kriteria
Junction bermasalah	4 junction	Perlu evaluasi	72.01	10-70 m
Pipa bermasalah	1 pipa	Perlu evaluasi	13.26 m/km	<10 m/km
Kecepatan minimum	0,64017 m/det	Dalam kriteria	0,64017 m/det	0,3–3,0 m/det
Kecepatan maksimum	1,353 m/det	Dalam kriteria	1,353 m/det	0,3–3,0 m/det
Headloss terbesar	13.26 m (P-230)	Perlu evaluasi	13.26 m/km	<10 m/km
Headloss terkecil	0,005 m (P-91)	Rendah	0,005 m	>0.01 m



Gambar 2. Hasil simulasi jaringan distribusi menggunakan EPANET 2.2

Berdasarkan Tabel 3, terdapat 4 junction yang memerlukan evaluasi dan 1 ruas pipa yang memiliki nilai headloss tinggi. Kecepatan aliran minimum sebesar 0,64017 m/det dan maksimum sebesar 1,353 m/det masih berada dalam kriteria yang digunakan sehingga parameter kecepatan tidak dikategorikan sebagai permasalahan.

Nilai headloss terbesar terdapat pada ruas pipa P-230, sedangkan nilai terkecil terdapat pada P-91. Besarnya headloss dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing ruas pipa, antara lain panjang pipa, diameter pipa, debit aliran, dan kekasaran pipa. Ruas dengan headloss tinggi perlu mendapatkan perhatian karena dapat menyebabkan kehilangan energi yang lebih besar dan berpengaruh terhadap kondisi tekanan pada bagian hilir jaringan.

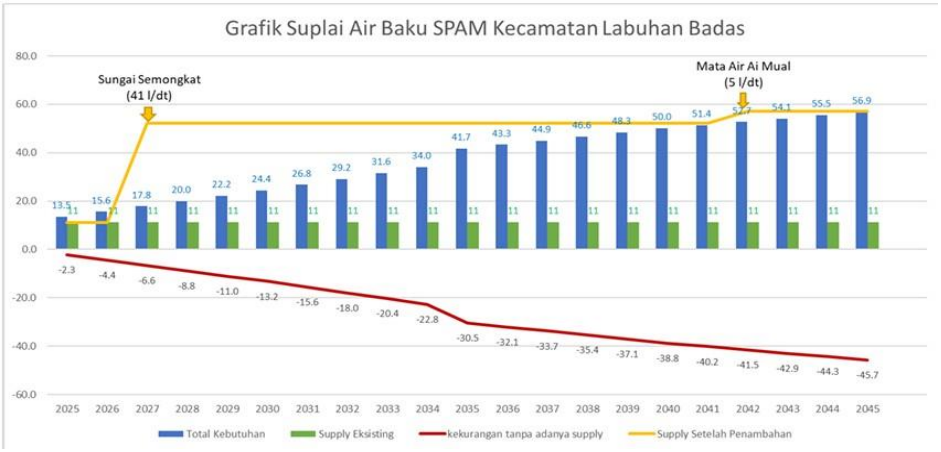
3.3 Pembahasan

Permasalahan utama sistem distribusi air di Kecamatan Labuhan Badas tidak hanya berkaitan dengan kondisi hidraulika jaringan, tetapi juga dengan keterbatasan kapasitas suplai dibandingkan dengan kebutuhan air. Pada tahun 2025, kebutuhan rata-rata mencapai 13,53 L/det, sedangkan kapasitas suplai eksisting sebesar 11,20 L/det. Dengan demikian, terdapat defisit sebesar 2,33 L/det.

Ketimpangan tersebut semakin besar pada periode proyeksi. Pada tahun 2045, kebutuhan rata-rata diperkirakan mencapai 56,95 L/det. Apabila kapasitas suplai tetap sebesar 11,20 L/det, maka defisit air mencapai 45,75 L/det. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas sumber dan pengembangan jaringan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air pada masa mendatang.

Hasil simulasi EPANET 2.2 menunjukkan bahwa terdapat 4 junction yang memerlukan evaluasi berdasarkan kriteria tekanan yang digunakan serta 1 ruas pipa yang memiliki headloss tinggi. Sementara itu, kecepatan aliran minimum dan maksimum masih berada dalam kriteria yang digunakan. Dengan demikian, perhatian utama terhadap kondisi hidraulika jaringan diarahkan pada tekanan junction dan ruas pipa dengan headloss tinggi.

Pengembangan sistem dapat dilakukan melalui peningkatan kapasitas sumber air, pengembangan jaringan distribusi, serta evaluasi terhadap ruas pipa dan junction yang memiliki kondisi hidraulika di luar kriteria. Pemeriksaan lapangan juga diperlukan untuk memastikan kesesuaian antara kondisi jaringan aktual dengan hasil pemodelan EPANET 2.2. Peningkatan permintaan air minum dari tahun ke tahun sebagai pemenuhan akses air minum layak dan aman di wilayah pelayanan SPAM Kec. Labuhan Badas adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Proyeksi kebutuhan dan suplai air baku SPAM Kecamatan Labuhan Badas

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, jaringan distribusi air PDAM di Kecamatan Labuhan Badas pada kondisi yang dianalisis belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan pelayanan. Pada tahun 2025 terdapat 37.097 jiwa dengan tingkat pelayanan 17% atau 1.285 SR. Kebutuhan rata-rata sebesar 13,53 L/det lebih besar daripada kapasitas suplai eksisting 11,20 L/det sehingga terjadi defisit 2,33 L/det. Proyeksi menunjukkan kebutuhan rata-rata meningkat menjadi 56,95 L/det pada tahun 2045 dengan defisit 45,75 L/det apabila kapasitas suplai tidak ditingkatkan.

Hasil evaluasi EPANET 2.2 menunjukkan adanya junction dan pipa yang memerlukan perhatian. Dalam rekapitulasi hasil penelitian terdapat 4 junction dan 1 pipa yang teridentifikasi bermasalah. Nilai headloss terbesar di hasil penelitian adalah 13.26 m pada ruas pipa 230, sedangkan nilai terkecil 0,005 m pada pipa 91. Permasalahan utama sistem meliputi keterbatasan kapasitas suplai, tekanan dan debit yang belum memenuhi kebutuhan, kondisi kecepatan aliran yang perlu dievaluasi, serta kehilangan energi tinggi pada beberapa ruas.

Untuk meningkatkan kinerja sistem, pihak pengelola disarankan melakukan pemeriksaan lapangan pada pipa dan junction yang teridentifikasi bermasalah serta meningkatkan kapasitas sumber dan jaringan secara bertahap. Penelitian berikutnya dapat mengembangkan analisis dengan data lapangan yang lebih lengkap dan kalibrasi model yang lebih rinci sehingga alternatif perbaikan jaringan dapat ditentukan secara lebih tepat.

Referensi

Alfitra, D. D. (2023). Evaluasi jaringan pipa distribusi di Perumahan Kubang Putih Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Jam Gadang Kota Bukittinggi dengan metoda EPANET 2.2. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Eni Nuraini, Najimuddin, D., & Safitri, K. (2024). Analisis kehilangan air pada jaringan distribusi air bersih PERUMDAM Kecamatan Plampang unit Desa Selante Kabupaten Sumbawa. Jurnal SainTekA, 5(1), 27-31.

Mays, L. W. (2000). Water distribution systems handbook. New York: McGraw-Hill.

Noerbambang, S. M., & Morimura, T. (2005). Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing. Jakarta: Pradnya Paramita.

Noviardi. (2022). Perencanaan sistem jaringan pipa transmisi untuk penyediaan air bersih di Kecamatan Harau Kabupaten Lima Puluh Kota. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Padusung, Najimuddin, D., Nuraini, E., & Hikmah, N. (2024). Tingkat kehilangan debit air pada saluran primer jaringan irigasi Bendungan Plara Kecamatan Lunyuk. Jurnal SainTekA, 5(3), 15-21.

Pemerintah Kabupaten Sumbawa. (2025). Review Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RI-SPAM) Kabupaten Sumbawa.

Rossman, L. A. (2000). EPANET 2 user manual. United States Environmental Protection Agency (EPA).

Saputra, Z. (2023). Analisis ketersediaan air bersih Nagari Binjai Kecamatan Tigo Nagari menggunakan metode EPANET 2.2 di Kabupaten Pasaman. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Triatmodjo, B. (1993). Hidraulika II. Yogyakarta: Beta Offset.

Zulkarnaen, P., Satriawansyah, T., & Badaruddin. (2021). Evaluasi distribusi air bersih PERUMDAM Batulanteh (Studi kasus di Desa Baru Tahan Kecamatan Moyo Utara Kabupaten Sumbawa). Jurnal SainTekA, 2(3), 30-38.