JURNAL RIKSA CENDEKIA NUSANTARA
Jurnal Ilmiah Multidisiplin

Jurnal Riksa Cendikia Nusantara
Volume 2, No.5, 2026
E-ISSN: 3110-8377

Evaluasi Sistem Perpipaan Distribusi Air Bersih PDAM Tirtamalem Unit Kabanjahe Berbasis Simulasi EPANET 2.0

Silda Adi Rahayu[1], Ivan Indrawan[2], Yudithia Banta Karunia Sitepu[2], Nesa Zafira*[1], Roselyn Indah Kurniati[1]

[1]Prodi Teknik Lingkungan Universitas Riau
[2]Prodi Teknik Lingkungan Universitas Sumatera Utara

Corresponding Author: nesa.zafira@lecturer.unri.ac.id

Abstrak

PDAM Tirta Malem didirikan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di Kecamatan Kabanjahe melalui penyediaan layanan distribusi air yang berkualitas dan berkelanjutan. Sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di Kecamatan Kabanjahe adalah Mata Air Lau Bengap dengan debit produksi 50 liter/detik. Permasalahan yang terjadi pada sistem perpipaan distribusi adalah perbedaan elevasi antara reservoir dengan daerah pelayanan yang cukup tinggi dan jaringan pipa yang melewati perkebunan masyarakat yang dapat menimbulkan kebocoran pada pipa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi system perpipaan distribusi air bersih PDAM Tirta Malem unit Kabanjahe dengan menggunakan *software* EPANET 2.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi kehilangan air sebesar 37% dan terdapat tekanan negatif pada pipa mecapai -4,16 m sehingga air tidak dapat terdistirbusi dengan baik ke masyarakat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dibutuhkan penambahan *booster pump* dengan *head* 60 m. Selain itu bisa dilakukan dengan pergantian diameter pipa distribusi diameter 200 mm dengan pipa berdiameter 250 mm.

Kata Kunci : PDAM, EPANET 2.0, *booster pump, head,* pipa distribusi

Abstract

PDAM Tirta Malem was established to fulfill the community's clean water needs in Kabanjahe District through the provision of high-quality and sustainable water distribution services. The water source utilized to meet the water demand in Kabanjahe District is the Lau Bengap Spring, which has a production discharge of 50 liters/second. The problems occurring within the distribution piping system include the significant elevation difference between the reservoir and the service area, as well as the pipeline network passing through community plantations, which may lead to pipe leakage.This study aims to evaluate the clean water distribution piping system of PDAM Tirta Malem, Kabanjahe Unit, using the EPANET 2.0 software. The results indicate that the system experiences water losses of 37% and negative pressure in the pipelines reaching up to −4.16 m, causing water to be inadequately distributed to the community. To overcome these problems, the installation of a booster pump with a head of 60 m is required. In addition, replacing the 200 mm diameter distribution pipe with a 250 mm diameter pipe can also be considered as an alternative solution.

Keywords: PDAM, EPANET 2.0, *booster pump, head, distribution pipe*

Article Info
Received date: 24 April 2026 Revised date: 16 Mei 2026 Accepted date: 17 Mei 2026

This is an open access article under the CC BY-SA license.
Copyright © 2026 by Author. Published by Jurnal Riksa Cendikia Nusantara

PENDAHULUAN

Air bersih sebagai prasarana kota sangat befungsi dalam menunjang kemajuan kota. Kota besar maupun pedesaan membutuhkan sistem pengaliran air bersih yang baik, sehingga mampu memenuhi setiap kebutuhan pertumbuhan penduduknya. Pengelolaan sistem penyediaan air bersih yang baik dan layak serta memenuhi kebutuhan seluruh masyarakat dan kegiatan aktivitas perkotaan maupun pedesaan secara keseluruhan akan meningkatkan produktivitas kota dan desa serta menurunkan kemiskinan (Putra dkk, 2016).

Sistem penyediaan air bersih yang dikelola oleh PDAM untuk mendapatkan air bersih akan memberikan kualitas dan kuantitas pelayanan yang berbeda dari satu kota atau kabupaten dengan kota atau kabupaten lainnya. PDAM diharapkan mampu untuk mendistribusikan dan memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat secara merata, dengan sistem distribusi pipa yang ada. Bila sistem distribusi yang terjadi kurang baik, maka akan menimbulkan berbagai macam permasalahan diantaranya kurangnya tekanan air sehingga aliran air tidak terdistribusikan secara merata (Dewi dkk, 2015).

Penelitian terkait evaluasi perpipaan distribusi PDAM sudah dilakukan dibeberapa lokasi. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah analisa distribusi air pada sistem penyediaan air minum Kampus Universitas Sebelas Maret dengan EPANET (Kusumajati dkk, 2016). Selain itu terdapat penelitian terkait lainnya yaitu pemetaan dan evaluasi teknis jaringan distribusi air bersih di Desa Kemuning Lor (Hidayah dkk, 2017), analisa jaringan perpipaan distribusi air bersih menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda) (Nugroho dkk, 2018), *evaluation of pipe network distribution system using EPANET 2.0 (a case study of the city of Jember)* (Widiarti dkk, 2020).

PDAM Tirta Malem merupakan perusahaan yang bertujuan untuk memberikan pelayanan air bersih kepada masyarakat Kecamatan Kabanjahe. Air bersih yang diproduksi hanya terdistribusi ke masyarakat selama tiga hari sekali. Penelitian ini berujuan untuk mengevaluasi sistem perpipaan distribusi air bersih PDAM Tirtamalem Unit Kabanjahe dengan menggunakan softaware EPANET 2.0.

METODE

Penelitian dilakukan di PDAM Tirta Malem Unit Kabanjahe, Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Kabupaten Karo merupakan wilayah dataran tinggi yang berada pada ketinggian 120–1.420 mdpl dan termasuk daerah rawan gempa vulkanik karena terdapat dua gunung berapi aktif. Kecamatan Kabanjahe berada pada koordinat 3°10’05” LU dan 98°48’65” BT, yang berbatasan dengan Kecamatan Berastagi dan Kecamatan Tigapanah, dengan Sungai Lau Dah sebagai batas wilayah.



Gambar 1. Kondisi Eksisting Kecamatan Kabanjahe
(Sumber: Google Earth, 2022)

Metode penelitian dilakukan dengan studi literatur, survei lapangan, dan pengumpulan data dari PDAM Tirta Malem Unit Kabanjahe. Data yang digunakan meliputi kebutuhan air bersih penduduk Kecamatan Kabanjahe, peta jaringan distribusi, data pipa dan pompa, serta data pelanggan PDAM. Tahapan penelitian diawali dengan survei pendahuluan dan identifikasi masalah untuk mengetahui kondisi sistem distribusi air bersih serta permasalahan yang terjadi di wilayah pelayanan. Selanjutnya dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan sistem distribusi air bersih dan pemodelan jaringan distribusi.

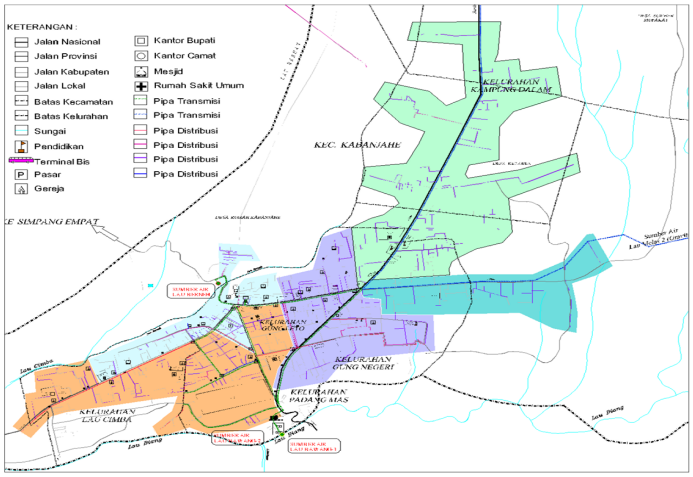
Pengumpulan data dilakukan melalui survei langsung di lokasi penelitian dan data sekunder dari PDAM Tirta Malem. Data yang diperoleh meliputi jumlah pelanggan, jumlah penduduk, daerah pelayanan, jumlah sambungan, data pipa seperti diameter, panjang, dan tekanan, serta data pompa berupa debit dan *head*. Penelitian ini menggunakan alat *pressure gauge* atau *current meter* untuk pengukuran kondisi eksisting sistem distribusi air bersih.

Analisis kebutuhan air dilakukan menggunakan metode proyeksi penduduk untuk memperkirakan kebutuhan air di masa mendatang. Selanjutnya, data jaringan distribusi, pipa, tekanan, dan pompa dimodelkan menggunakan software EPANET 2.0 untuk menganalisis kinerja sistem distribusi air bersih pada PDAM Tirta Malem Unit Kabanjahe. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi sistem dalam memenuhi kebutuhan masyarakat dan memberikan rekomendasi pengembangan sistem distribusi air bersih

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta Jaringan Distribusi di Kecamatan Kabanjahe

Peta jaringan distribusi digunakan untuk melihat sebaran pelayanan air bersih. Kecamatan Kabanjahe memiliki empat sumber mata air aktif, yaitu Lau Melas Gravitasi, Aek Bolon, Lau Berneh, dan Lau Bengap, serta tambahan suplai dari sumber Lau Melas yang dikelola PDAM Tirtanadi Berastagi. Debit produksi sumber Lau Bengap sebesar 50 L/det dengan lokasi reservoir berada di Desa Manuk Mulia. Sumber ini melayani sekitar 5.220 sambungan rumah di Kecamatan Kabanjahe. Adapun peta jaringan distribusi PDAM Tirtamalem bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Jaringan Distribusi Kecamatan Kabanjahe
(Sumber: PDAM Tirtamalem, 2022)

Pengukuran Tekanan

Pengukuran tekanan air pada rumah warga dilakukan menggunakan alat *pressure gauge* di beberapa lokasi, yaitu Jalan Sekata, Jalan Katepul, Jalan Sanatorium, Jalan Kapten Pala Bangun, dan Jalan Irian. Pengukuran dilakukan melalui sambungan rumah pelanggan untuk mengetahui kondisi tekanan air pada jaringan distribusi eksisting di Kecamatan Kabanjahe. Peta titik lokasi pengukuran tekanan air bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Titik Lokasi Pengukuran Tekanan Air
(Sumber: Google Earth, 2022)

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tekanan air tertinggi sebesar 2 meter dan tekanan terendah sebesar 0 meter. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan software EPANET untuk mengevaluasi kondisi jaringan distribusi air bersih. Pada Jalan Sekata, tekanan air eksisting sebesar 0 meter, sedangkan hasil simulasi EPANET sebelum evaluasi menunjukkan tekanan sebesar -7,36 meter. Pada Jalan Katepul, tekanan eksisting juga sebesar 0 meter, sedangkan hasil simulasi sebesar -4,16 meter. Rendahnya tekanan di Jalan Katepul dipengaruhi oleh perbedaan elevasi sehingga aliran air tidak dapat menjangkau daerah. Pada Jalan Rakoet Brahmana, tekanan air eksisting sebesar 2 meter dan hasil simulasi EPANET sebesar 3,94 meter. Sementara itu, pada Jalan Kpt Pala Bangun dan Jalan Irian tekanan eksisting sebesar 2 meter dengan hasil simulasi masing-masing sebesar 3,52 meter dan 2,51 meter. Perbedaan hasil antara kondisi eksisting dan simulasi EPANET disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perbedaan koefisien kekasaran pipa, tidak diperhitungkannya *headloss* minor pada keran dalam simulasi, serta adanya kehilangan tekanan akibat belokan pipa dan meteran rumah pada kondisi lapangan. Pada simulasi EPANET, perhitungan hanya dilakukan sampai pipa distribusi, sedangkan pengukuran lapangan dilakukan langsung pada sambungan rumah pelanggan.

Penggunaan Air di PDAM Tirta Malem

Total penggunaan air PDAM Tirta Malem Kecamatan Kabanjahe sebesar 64.463 m³ per bulan dengan jumlah pelanggan sebanyak 5.220 sambungan rumah. Rata-rata pemakaian air pelanggan diperoleh sebesar 12,34 m³/pelanggan/bulan. Dengan asumsi satu rumah terdiri dari 5 orang, maka jumlah penduduk terlayani sebanyak 26.100 jiwa. Dari perhitungan tersebut, diperoleh rata-rata pemakaian air sebesar 74,09 liter/orang/hari.

Sumber mata air Lau Bengap memiliki kapasitas produksi sebesar 50 liter/detik atau sekitar 4.320.000 liter/hari. Berdasarkan data jumlah penduduk Kecamatan Kabanjahe sebesar 73.581 jiwa, wilayah ini termasuk kategori kota kecil. Menurut standar Dirjen Cipta Karya tahun 2007, kebutuhan air bersih untuk kota kecil sebesar 130 liter/orang/hari. Dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 26.100 jiwa, maka kebutuhan air bersih di Kecamatan Kabanjahe sebesar 3.393.000 liter/hari atau setara 39,27 liter/detik dan 103.203 m³/bulan. Berdasarkan perbandingan antara produksi dan pemakaian air, diperoleh kehilangan air (*losses*) sebesar 38.740 m³/bulan. Nilai tersebut menunjukkan persentase kehilangan air mencapai 37% dari total produksi air PDAM Tirta Malem Kecamatan Kabanjahe. Adapun hasil perhitungan kondisi eksisting sistem distribusi air bersih di Kecamatan Kabanjahe dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Eksisting Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Kabanjahe

No	Deskripsi	Nilai Eksisting	Satuan
1	Jumlah penduduk	73.581	Jiwa
2	Jumlah pelanggan SR	5.220	Sambungan
3	Jumlah jiwa per SR	5	Jiwa/SR
4	Rata-rata konsumsi air	74,09	Liter/jiwa/hari
5	Kebutuhan air pelanggan	39,27	Liter/detik
6	Kehilangan air (losses)	37	%
7	Total kebutuhan air	39,27	Liter/detik
8	Kapasitas produksi air	50	Liter/detik

(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Data Perpipaan

Jaringan perpipaan PDAM Tirta Malem di Kecamatan Kabanjahe menggunakan pipa jenis PVC dengan nilai koefisien kekasaran Hazen-Williams (C) sebesar 150. Diameter pipa yang digunakan bervariasi, yaitu 50 mm, 75 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, dan 300 mm. Data diameter dan panjang pipa digunakan untuk mendukung analisis jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kabanjahe. Adapun data diameter dan panjang pipa pada jaringan distribusi bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Perpipaan di Kecamatan Kabanjahe

Diameter Pipa (inch)	Diameter Pipa (mm)	Panjang Pipa (meter)
2	50	10.052
3	75	5.443
4	100	4.027
6	150	3.698
8	200	9.476
10	250	453
12	300	300

(Sumber: PDAM Tirta Malem, 2021)

Analisis Jaringan Menggunakan EPANET 2.0

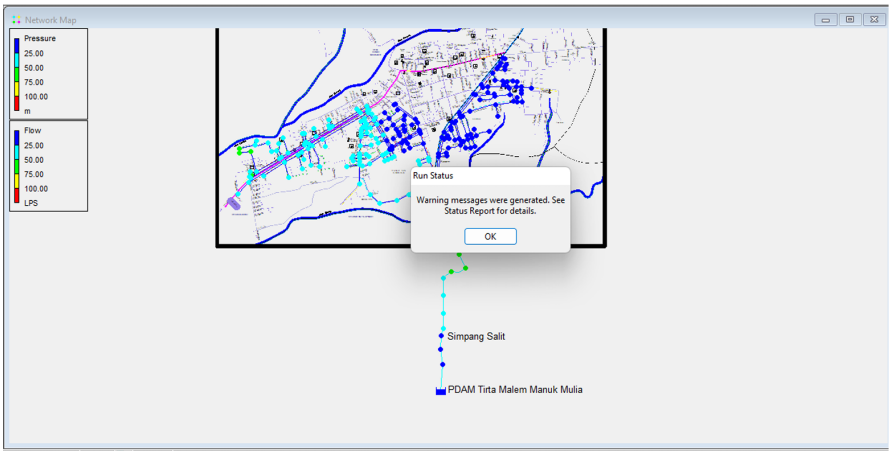
Tahapan analisis jaringan distribusi air menggunakan software EPANET 2.0 dilakukan sebagai berikut.

1. Membuat proyek baru pada EPANET dengan memilih menu *File* >> *New* pada menu bar.
2. Mengatur parameter hidraulik pada menu *Hydraulics* dengan satuan debit menggunakan LPS (liter per second) dan metode perhitungan kehilangan energi menggunakan rumus Hazen-Williams (H-W). Pengaturan ini digunakan untuk seluruh parameter seperti panjang pipa, diameter, dan tekanan.
3. Mengatur tampilan peta jaringan dengan memilih menu *View* >> *Option*, kemudian menampilkan label ID, simbol, dan komponen jaringan agar pemodelan lebih mudah diamati.
4. Mengatur pola waktu kebutuhan air (*Time Pattern*) untuk menggambarkan variasi kebutuhan air selama 24 jam. Pengaturan dilakukan pada menu *Option* >> *Times* dengan nilai *Pattern Time* selama 24 jam.
5. Mengatur skala dan dimensi peta jaringan melalui menu *View* >> *Dimension* sebelum proses penggambaran jaringan distribusi dilakukan.

Setelah pengaturan awal selesai, tahapan selanjutnya adalah memasukkan komponen jaringan distribusi ke dalam software EPANET 2.0. Komponen yang digunakan dalam pemodelan terdiri dari reservoir, junction, dan pipa yang membentuk sistem distribusi air bersih. Reservoir berfungsi sebagai sumber pasokan air pada jaringan distribusi dengan parameter utama berupa head hidrolis dan kualitas air awal. *Junction* atau sambungan digunakan sebagai titik pertemuan jaringan sekaligus lokasi keluar masuknya aliran air. Parameter yang dimasukkan pada *junction* meliputi elevasi, kebutuhan air, dan kualitas air, sedangkan hasil simulasi menunjukkan nilai tekanan, head hidrolis, dan kualitas air pada jaringan. Pipa digunakan untuk mengalirkan air antar titik dalam sistem distribusi. Pada pemodelan EPANET, aliran diasumsikan memenuhi seluruh penampang pipa dan bergerak dari tekanan hidrolis tinggi ke tekanan rendah. Data yang dibutuhkan meliputi node awal dan akhir, diameter, panjang, serta koefisien kekasaran pipa.

Hasil Analisis Jaringan Menggunakan EPANET 2.0

Jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kabanjahe dianalisis menggunakan software EPANET 2.0. Data yang digunakan meliputi panjang pipa, diameter pipa, elevasi, dan kebutuhan air. Setelah seluruh data diinput, dilakukan proses running program untuk memperoleh hasil simulasi kondisi eksisting jaringan distribusi, bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Simulasi EPANET 2.0 pada Kondisi Eksisting Menggunakan *Backdrop* Peta Jaringan Distribusi (Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

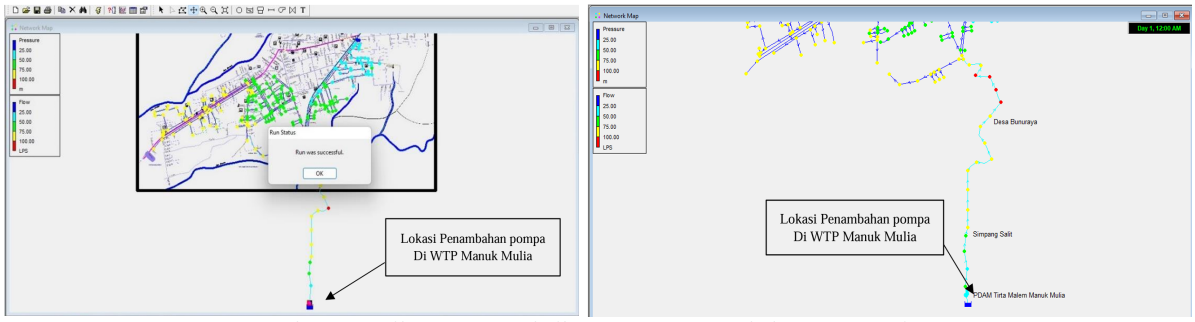
Berdasarkan Gambar 4, tekanan tertinggi terjadi pada Junction 2 di Jalan Mariam Ginting sebesar 71,59 m, sedangkan tekanan terendah terjadi pada Junction 20 di simpang Masjid Kabanjahe sebesar –20,04 m. Tekanan negatif menunjukkan bahwa distribusi air pada titik tersebut belum berjalan optimal, sehingga perlu dilakukan evaluasi pada sistem jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Kabanjahe. Adapun data node dengan tekanan negatif dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Eksisting Node *Negative Pressure*

No	Node ID	Elevasi (m)	*Base Demand* (LPS)	*Pressure* (m)
1	Junc 11	1218	0,2	-8,04
2	Junc 12	1219	0,2	-9,04
3	Junc 15	1213	0,2	-3,02
4	Junc 16	1216	0,2	-6,03
5	Junc 17	1220	0,2	-10,04
6	Junc 18	1224	0,2	-14,04
7	Junc 19	1230	0,2	-20,04
8	Junc 20	1230	0,2	-20,04
9	Junc 21	1216	0,2	-6,05
10	Junc 22	1213	0,2	-3,02
11	Junc 23	1223	0,2	-13,06
12	Junc 24	1219	0,2	-9,07
13	Junc 25	1218	0,2	-8,05
14	Junc 26	1218	0,2	-8,16
15	Junc 27	1217	0,2	-7,27
16	Junc 28	1217	0,2	-7,29
17	Junc 30	1212	0,25	-2,33
18	Junc 31	1212	0,25	-2,34
19	Junc 32	1210	0,25	-0,34
20	Junc 33	1214	0,25	-4,14
21	Junc 34	1214	0,25	-4,16
22	Junc 35	1215	0,09	-5,33
23	Junc 36	1219	0,09	-9,35
24	Junc 37	1217	0,09	-7,36
25	Junc 38	1220	0,09	-10,47
26	Junc 39	1210	0,16	0
27	Junc 40	1210	0,16	-0,23
28	Junc 66	1210	0,2	-0,03
29	Junc 214	1212	0,25	-2,34
30	Junc 215	1210	0,25	-0,36
31	Junc 216	1212	0,25	-2,38
32	Junc 217	1212	0,25	-2,36
33	Junc 218	1213	0,25	-3,30
34	Junc 219	1220	0,09	-10,48
35	Junc 241	1221	0,09	-11,47

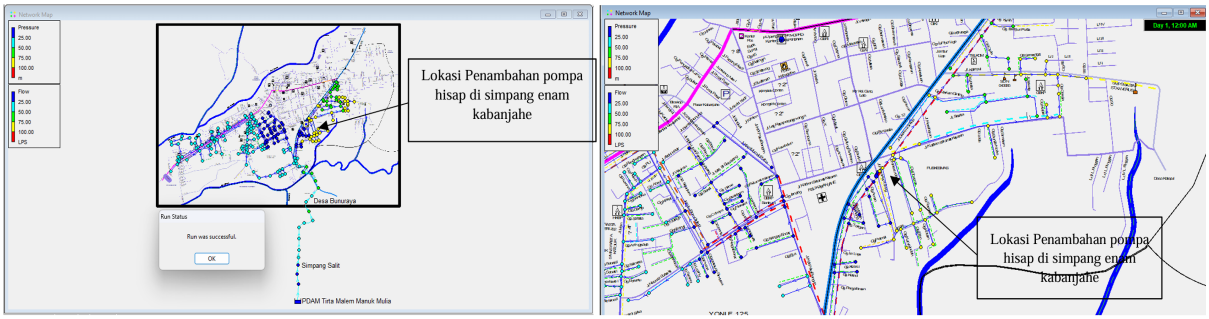
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Hasil simulasi EPANET 2.0 pada Tabel 3, menunjukkan masih terdapat beberapa node dengan tekanan negatif, terutama di wilayah Jalan Sekata dan Jalan Katepul. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem distribusi secara gravitasi dari sumber mata air Lau Bengap belum mampu melayani kebutuhan air secara optimal. Hasil simulasi juga sesuai dengan kondisi lapangan dan hasil wawancara dengan masyarakat serta pihak PDAM Tirta Malem, dimana beberapa wilayah mengalami aliran air yang kecil bahkan tidak mengalir. Untuk meningkatkan kinerja distribusi air, dilakukan beberapa usulan perbaikan sistem, seperti penambahan pompa pada WTP, pemasangan pompa pada jaringan yang mengalami kehilangan tekanan, serta perubahan diameter pipa. Perbaikan tersebut bertujuan untuk meningkatkan tekanan jaringan dan mengurangi *headloss* agar distribusi air dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Adapun hasil simulasi perbaikan jaringan distribusi dapat dilihat pada Gambar 5.



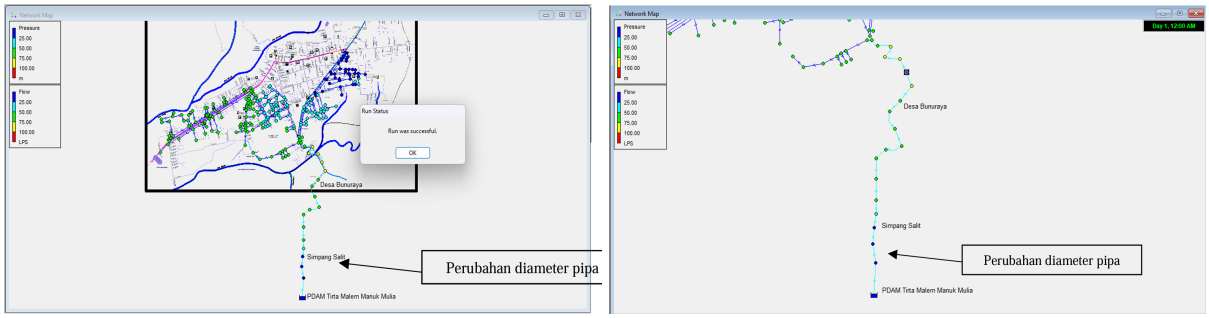
Gambar 5. Hasil Rencana Perbaikan Dengan Penambahan Pompa Di WTP
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Berdasarkan Gambar 5, penambahan pompa dengan spesifikasi *head* 46 m dan debit 50 L/det mampu meningkatkan tekanan pada jaringan distribusi air di Kecamatan Kabanjahe. Beberapa wilayah yang sebelumnya memiliki tekanan negatif berubah menjadi positif, sehingga air dapat terdistribusi hingga daerah pelayanan terjauh. Hasil simulasi menunjukkan tekanan tertinggi terjadi pada Junction 2 sebesar 114,99 m, sedangkan tekanan terendah pada Junction 19 sebesar 23,36 m. Pipa yang digunakan oleh PDAM Tirta Malem berupa pipa HDPE dan PVC dengan kemampuan tekanan hingga 120 m, sehingga kondisi tekanan hasil simulasi masih aman dan tidak menyebabkan pecah pipa.



Gambar 6. Hasil Rencana Perbaikan Dengan Penambahan Pompa Penambahan Pompa Hisap Di Simpang Enam Kabanjahe
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Berdasarkan Gambar 6, penambahan pompa dengan spesifikasi *head* 60 m dan debit 50 L/det mampu meningkatkan tekanan pada jaringan distribusi air di Kecamatan Kabanjahe. Beberapa wilayah yang sebelumnya mengalami tekanan negatif berubah menjadi positif sehingga distribusi air dapat menjangkau daerah pelayanan yang lebih jauh. Hasil simulasi menunjukkan tekanan tertinggi terjadi pada *Junction* 47 sebesar 88,67 m, sedangkan tekanan terendah pada *Junction* 9 sebesar 4,67 m.



Gambar 7. Hasil Rencana Perbaikan Dengan Dengan Perubahan Diameter Pipa
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Berdasarkan Gambar 7, perubahan diameter pipa dari 200 mm menjadi 250 mm pada jaringan distribusi sumber mata air Lau Bengap mampu meningkatkan tekanan jaringan di Kecamatan Kabanjahe. Beberapa wilayah yang sebelumnya mengalami tekanan negatif berubah menjadi positif sehingga distribusi air dapat menjangkau daerah pelayanan yang lebih jauh. Hasil simulasi menunjukkan tekanan tertinggi terjadi pada Junction 2 sebesar 94,76 m, sedangkan tekanan terendah pada *Junction* 20 sebesar 3,12 m. Selain itu, pipa berdiameter 250 mm tersedia di pasaran dengan berbagai jenis merek sehingga memungkinkan untuk diterapkan pada jaringan distribusi.

Alternatif Perbaikan Kebocoran Pipa

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2011 tentang tata cara pemasangan pipa transmisi, pipa distribusi, dan bangunan pelintas pipa, metode penyambungan pipa harus disesuaikan dengan jenis material pipa yang digunakan. Perbaikan kebocoran pipa di PDAM Tirta Malem dilakukan dengan metode penyambungan pipa sesuai standar dan prosedur yang tercantum dalam SNI. Ketentuan penyambungan mengacu pada SNI 03-6405-2000, SNI 19-6782-2002, dan ISO TR 4191. Adapun jenis penyambungan pipa sebagai berikut:

1. Penyambungan pipa dan aksesoris untuk pipa besi daktil (DCIP) dilakukan sesuai dengan SNI 19-6782-2002
2. Penyambungan pipa baja dan aksesoris secara mekanis dilakukan sesuai dengan SNI 19-6782-2002, sedangkan sambungan las mengacu pada SNI 03-6405-2000
3. Penyambungan pipa besi galvanis (GIP) dan aksesoris secara mekanis dilakukan sesuai dengan SNI 19-6782-2002, sedangkan sambungan las mengacu pada SNI 03-6405-2000
4. Penyambungan pipa *polyvinyl chloride* (PVC) dan aksesoris menggunakan metode *solvent cement*, cincin karet, atau sambungan mekanis sesuai dengan ISO TR 4191
5. Pipa *polyethylene* (PE)
    a. Pipa *polyethylene* termasuk jenis thermoplastik dan disingkat PE
    b. Untuk air minum digunakan pipa PE 50 berbahan HDPE atau MDPE
    c. Peralatan pemasangan, katup, dan *fitting* harus tersedia serta dalam kondisi baik
    d. Pemasangan pipa dilakukan sesuai petunjuk pabrik.

KESIMPULAN

Sistem distribusi air bersih eksisting dari Mata Air Lau Bengap belum optimal melayani Kecamatan Kabanjahe karena air baru mengalir tiga hari sekali, serta adanya masalah tekanan negatif yang signifikan pada titik terjauh/kritis akibat perbedaan elevasi yang tinggi. Kinerja ini diperburuk oleh tingkat kehilangan air (*losses*) yang sangat tinggi mencapai 37% akibat indikasi kebocoran fisik di area perkebunan. Untuk mengatasi masalah tersebut, simulasi EPANET 2.0 merekomendasikan tiga alternatif perbaikan yang efektif mengubah tekanan menjadi positif, yaitu penambahan pompa pada WTP Manuk Mulia, penambahan pompa hisap di Simpang Enam, atau memperbesar diameter pipa distribusi utama dari 200 mm menjadi 250 mm untuk menurunkan kehilangan tekanan (*headloss*). Selain itu, reduksi kehilangan air harus didukung dengan perbaikan pipa bocor di lapangan menggunakan metode penyambungan yang sesuai dengan standar SNI dan ISO berdasarkan jenis materialnya.

DAFTAR PUSTAKA

Dewi, K. H., Koosdaryani, K., & Muttaqien, A. Y. (2015). Analisis Kehilangan Air Pada Pipa Jaringan Distribusi Air Kecamatan Bersih Baki, PDAM Kabupaten Sukoharjo. *Matriks Teknik Sipil,* 3(1).

Hidayah, P. D., Indarto, I., & Novita, E. (2017). Pemetaan dan Evaluasi Teknis Jaringan Distribusi Air Bersih di Desa Kemuning Lor. *Jurnal Agroteknologi*, 10(02), 144-152.

Kusumajati, B., Solichin, S., & Koosdayani, K. (2016). Analisis Distribusi Air pada Sistem Penyediaan Air Minum Kampus Universitas Sebelas Maret dengan Epanet Analisis Distribusi Air pada Sistem Penyediaan Air Minum Kampus Universitas Sebelas Maret dengan Epanet. *Matriks Teknik Sipil*, 4(3).

Nugroho, S., Meicahayanti, I., & Nurdiana, J. (2018). Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda). *Teknik*, 39(1), 62-66.

Putra, A. A., Ghurri, A., & Priambadi, I. G. N. (2016). Evaluasi Jaringan Perpipaan Transmisi Air Baku di Kabupaten Karangasem. *Jurnal METTEK, 2*(2), 93–101.

SNI 03-6405-2000. (2000). Tata Cara Pengelasan Pipa Baja. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 19-6782-2002. (2002). Tata Cara Pemasangan Perpipaan Besi Daktil dan Perlengkapannya. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Widiarti, W. Y., Wahyuni, S., Wiyono, R. U. A., Hidayah, E., Halik, G., & Sisinggih, D. (2020). Evaluation of Pipe Network Distribution System using EPANET 2.0 (A Case Study of The City of Jember). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 437, No. 1, p. 012043.