



Pemodelan dan Evaluasi Jaringan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.2 pada PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan

Muhammad Parholongan Harahap^{1*}, Mhd. Rahman Rambe²,
Rizky Febriani Pohan³

¹⁻³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Graha Nusantara, Indonesia

*Penulis Korespondensi : mhdparholonganhrp@gmail.com

Abstract. *This research was conducted on the clean water distribution network of PDAM Tirta Ayumi in Padangsidimpuan City. PDAM Tirta Ayumi serves two districts, namely Padangsidimpuan Batunadua District and Padangsidimpuan Tenggara District. The purpose of this study is to simulate and analyze the clean water distribution network of PDAM Tirta Ayumi Padangsidimpuan City using the Epanet 2.2 software. The data collection technique applied in this research was the literature study method. The results of the simulation analysis of the clean water distribution network in the service area of PDAM Tirta Ayumi Padangsidimpuan City, particularly in Padangsidimpuan Batunadua District and Padangsidimpuan Tenggara District, using the Epanet 2.2 software indicate that several parameters at the link and node in each management area have not met the required values based on the referenced standards. Therefore, updates or adjustments to the link and node in each management area are necessary to ensure that the parameters meet the required standards, thereby optimizing the simulation design of the PDAM Tirta Ayumi clean water distribution network.*

Keywords: *Clean Water; Epanet 2.2; Population; Water Discharge; Water Supply.*

Abstrak. Penelitian ini dilakukan pada jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan. PDAM Tirta Ayumi melayani dua kecamatan, yaitu Kecamatan Padangsidimpuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidimpuan Tenggara. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan dan menganalisis jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan menggunakan perangkat lunak Epanet 2.2. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka. Hasil analisis simulasi jaringan distribusi air bersih di wilayah pelayanan PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan, khususnya di Kecamatan Padangsidimpuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidimpuan Tenggara, melalui perangkat lunak Epanet 2.2 menunjukkan bahwa beberapa parameter pada link dan node di setiap wilayah pengelolaan belum memenuhi nilai yang dipersyaratkan berdasarkan sumber atau referensi yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan pembaruan atau penyesuaian pada link dan node di setiap wilayah pengelolaan agar parameter tersebut memenuhi standar yang dipersyaratkan sehingga rancangan simulasi jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi dapat dioptimalkan.

Kata Kunci: Air Bersih; Discharge Air; Epanet 2.2; Populasi; Pasokan Air.

1. LATAR BELAKANG

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting dalam menunjang kehidupan sehari-hari. Ketersediaan air bersih yang memadai tidak hanya berkaitan dengan kebutuhan domestik masyarakat, tetapi juga berperan dalam mendukung kegiatan ekonomi, kesehatan, dan pembangunan wilayah (Fatristy, Saimah, Hadi, & Aryanti, 2025; Sukartini & Saleh, 2016). Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan kawasan permukiman, kebutuhan terhadap air bersih terus meningkat dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, sistem penyediaan air minum perlu direncanakan dan dikelola secara efektif agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan.

Di Indonesia, pelayanan penyediaan air bersih kepada masyarakat umumnya dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM memiliki peran penting dalam mengolah serta mendistribusikan air bersih kepada pelanggan melalui sistem jaringan distribusi yang terdiri dari pipa, reservoir, pompa, dan berbagai komponen pendukung lainnya (Elvika, 2024; Kusumawardani & Astuti, 2018; Salilama, 2018). Sistem distribusi air bersih harus mampu menjamin kontinuitas pelayanan, tekanan air yang memadai, serta kualitas air yang tetap terjaga hingga sampai ke konsumen (Paranoan, 2018; Udin, Latief, & Nasution, 2024). Suatu sistem penyediaan air minum harus direncanakan dan dibangun sedemikian rupa agar dapat menyediakan air bersih secara berkesinambungan dengan biaya yang terjangkau bagi masyarakat.

PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidempuan merupakan salah satu perusahaan daerah yang bertanggung jawab dalam penyediaan air bersih bagi masyarakat Kota Padangsidempuan (Hasibuan, 2022; Lubis, 2017). Wilayah pelayanan PDAM Tirta Ayumi meliputi beberapa kecamatan, di antaranya Kecamatan Padangsidempuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidempuan Tenggara. Dalam sistem distribusinya, air bersih dialirkan dari reservoir menuju jaringan perpipaan yang kemudian didistribusikan ke berbagai daerah layanan dan sambungan pelanggan.

Seiring dengan meningkatnya jumlah pelanggan serta perkembangan wilayah layanan, kinerja jaringan distribusi air bersih perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa sistem distribusi mampu memenuhi kebutuhan air masyarakat secara optimal. Evaluasi jaringan distribusi penting dilakukan untuk mengetahui kondisi tekanan air, debit aliran, kecepatan aliran, serta kehilangan energi pada jaringan pipa (Ritonga, 2017). Analisis tersebut dapat membantu dalam mengidentifikasi permasalahan pada sistem distribusi, seperti tekanan air yang tidak sesuai standar, kehilangan energi yang tinggi, atau distribusi air yang tidak merata.

Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk menganalisis dan memodelkan sistem distribusi air bersih adalah EPANET. EPANET merupakan perangkat lunak simulasi hidraulik yang mampu memodelkan perilaku aliran air di dalam jaringan pipa, termasuk tekanan pada node, debit aliran pada pipa, serta berbagai parameter hidraulik lainnya dalam periode waktu tertentu (M Idham, 2026; Muhammad, 2025; Wulandari, Subekti, & Nugroho, 2025). Dengan menggunakan perangkat lunak ini, kondisi jaringan distribusi air bersih dapat dianalisis secara lebih sistematis dan akurat sehingga dapat memberikan gambaran kinerja sistem distribusi secara menyeluruh.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk melakukan pemodelan dan evaluasi jaringan distribusi air bersih pada PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidempuan dengan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi kinerja jaringan distribusi air bersih pada wilayah pelayanan Kecamatan Padangsidempuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidempuan Tenggara, serta memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efisiensi dan optimalisasi sistem distribusi air bersih di wilayah tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih merupakan bagian penting dalam sistem penyediaan air minum yang berfungsi menyalurkan air yang telah diolah dari instalasi pengolahan menuju konsumen. Sistem distribusi ini mencakup jaringan perpipaan, katup, pompa, reservoir, serta berbagai perlengkapan lainnya yang berperan dalam menjaga kontinuitas aliran air kepada pelanggan. Sistem distribusi harus dirancang sedemikian rupa agar mampu menyediakan air dengan kuantitas yang cukup, kualitas yang terjaga, serta tekanan yang memadai hingga sampai ke titik pelayanan.

Menurut Salilama (2018), sistem distribusi air minum merupakan sistem yang berhubungan langsung dengan konsumen dan memiliki fungsi utama untuk mendistribusikan air yang telah memenuhi standar kualitas ke seluruh wilayah pelayanan. Sistem ini terdiri dari jaringan pipa distribusi, hidran kebakaran, sistem pemompaan (apabila diperlukan), serta reservoir distribusi yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan air sebelum disalurkan kepada pelanggan (Kusumawardani & Astuti, 2018).

Dalam sistem distribusi air bersih terdapat beberapa faktor penting yang harus diperhatikan, yaitu ketersediaan air dalam jumlah yang cukup, tekanan air yang sesuai dengan standar pelayanan, serta kontinuitas pelayanan kepada pelanggan. Selain itu, kualitas air yang disalurkan juga harus tetap terjaga selama proses distribusi agar memenuhi standar kesehatan dan kelayakan konsumsi.

Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih merupakan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada suatu wilayah tertentu. Kebutuhan air bersih dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk, kondisi iklim, aktivitas ekonomi, serta tingkat kesejahteraan masyarakat (Alihar, 2018). Oleh karena itu, perencanaan sistem

distribusi air bersih harus memperhatikan proyeksi kebutuhan air di masa mendatang agar sistem yang dibangun mampu melayani masyarakat secara optimal.

Perhitungan kebutuhan air bersih biasanya didasarkan pada jumlah penduduk yang dilayani serta standar konsumsi air per kapita (Kurniawan, Fitriani, & Hadinata, 2021; Singal & Jamal, 2022). Selain kebutuhan domestik, perhitungan kebutuhan air juga mempertimbangkan kebutuhan non-domestik seperti untuk fasilitas umum, perkantoran, industri, serta cadangan untuk kebakaran. Dengan demikian, estimasi kebutuhan air bersih menjadi dasar penting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem distribusi air minum.

Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih merupakan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada suatu wilayah tertentu. Kebutuhan air bersih dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk, kondisi iklim, aktivitas ekonomi, serta tingkat kesejahteraan masyarakat (Alihar, 2018; Salilama, 2018). Oleh karena itu, perencanaan sistem distribusi air bersih harus memperhatikan proyeksi kebutuhan air di masa mendatang agar sistem yang dibangun mampu melayani masyarakat secara optimal.

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan suatu sistem yang terdiri dari rangkaian kegiatan penyediaan air minum mulai dari pengambilan air baku, proses pengolahan, hingga distribusi air kepada masyarakat (Arsana, Yekti, & Jaya, 2024; Tamim & Tumpu, 2022). Sistem ini bertujuan untuk menjamin tersedianya air minum yang aman, berkualitas, serta memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan.

SPAM umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sumber air baku, instalasi pengolahan air, reservoir, serta jaringan distribusi. Reservoir berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara air yang telah diolah sebelum didistribusikan melalui jaringan pipa ke berbagai wilayah pelayanan (Akbar, 2022; Fadillah, 2024). Sistem distribusi yang baik harus mampu menjamin bahwa air dapat dialirkan dengan tekanan yang cukup serta mampu menjangkau seluruh pelanggan yang berada di wilayah pelayanan.

Software EPANET 2.2

EPANET merupakan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk melakukan simulasi hidraulik dan analisis kualitas air dalam jaringan distribusi air minum. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh United States Environmental Protection Agency (EPA) dan banyak digunakan dalam perencanaan serta evaluasi sistem distribusi air bersih (Sukmawardani, Sururi, & Sutadian, 2021; Talanipa, Putri, Rustan, & Yulianti, 2022).

EPANET mampu memodelkan aliran air dalam jaringan pipa yang terdiri dari berbagai komponen seperti pipa, node (titik sambungan), pompa, katup, serta tangki penyimpanan. Melalui simulasi yang dilakukan, EPANET dapat menghitung berbagai parameter hidraulik seperti tekanan pada setiap node, debit aliran pada pipa, kecepatan aliran, serta kehilangan energi dalam sistem distribusi (M Idham, 2026; Pratama, Hajianto, & Negara, 2025). Selain itu, perangkat lunak ini juga dapat digunakan untuk menganalisis kualitas air, usia air (water age), serta pergerakan zat kimia di dalam jaringan distribusi air minum .

Dengan kemampuan tersebut, EPANET menjadi salah satu alat bantu yang efektif dalam menganalisis kinerja jaringan distribusi air bersih. Hasil simulasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap sistem distribusi air minum agar dapat beroperasi secara lebih optimal.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidempuan, yang berlokasi di Kelurahan Batunadua Jae, Kota Padangsidempuan, Sumatera Utara. Wilayah pelayanan PDAM Tirta Ayumi yang menjadi objek penelitian meliputi Kecamatan Padangsidempuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidempuan Tenggara, yang merupakan dua wilayah utama dalam sistem distribusi air bersih PDAM tersebut .

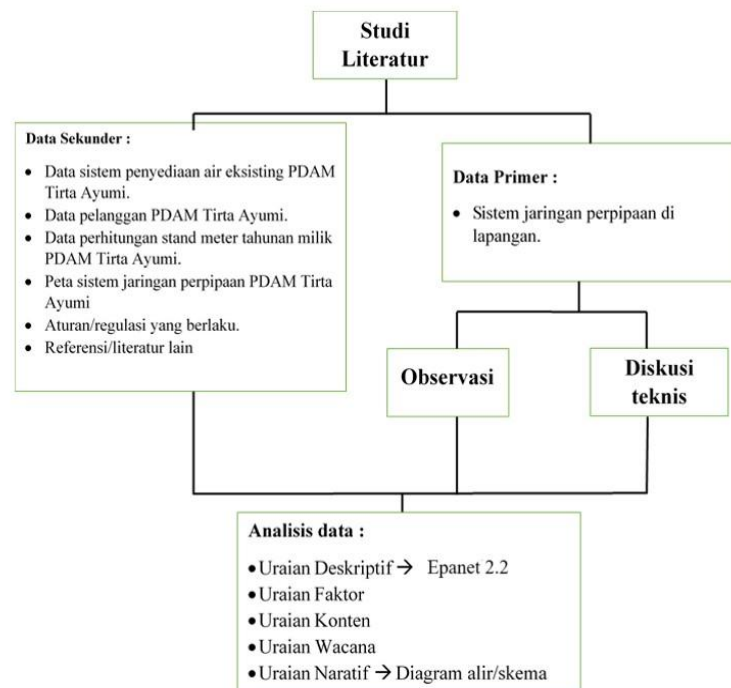
Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2025 hingga selesai. Pada tahap awal penelitian dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan sistem distribusi air bersih, seperti data jumlah penduduk, jumlah sambungan pelanggan, debit air yang dialirkan, serta data jaringan perpipaan pada wilayah penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi terhadap sistem jaringan perpipaan di lapangan serta diskusi teknis dengan pihak terkait. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen PDAM Tirta Ayumi, laporan teknis, peta jaringan perpipaan, serta referensi literatur yang relevan dengan penelitian.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka, yaitu dengan mengumpulkan berbagai informasi dari dokumen teknis, laporan PDAM, serta sumber literatur yang berkaitan dengan sistem distribusi air bersih. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk mengevaluasi kinerja jaringan distribusi air bersih.

Analisis jaringan distribusi air bersih dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2, yang digunakan untuk mensimulasikan kondisi hidraulik jaringan distribusi. Parameter yang dianalisis dalam simulasi ini meliputi tekanan air (pressure), debit aliran

(flow), kecepatan aliran (velocity), serta kehilangan energi (unit headloss) pada jaringan pipa (Doan, 2025). Hasil simulasi tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem distribusi air bersih pada wilayah penelitian.

Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, analisis data menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2, hingga interpretasi hasil simulasi. Seluruh tahapan penelitian tersebut dirangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan melayani distribusi air bersih pada beberapa wilayah pelayanan. Hingga tahun 2025, wilayah pengelolaan PDAM Tirta Ayumi mencakup Kecamatan Padangsidimpuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidimpuan Tenggara dengan jumlah total sambungan pelanggan mencapai 2.228 unit yang terdiri dari 1.639 sambungan pelanggan di Kecamatan Batunadua dan 589 sambungan pelanggan di Kecamatan Tenggara .

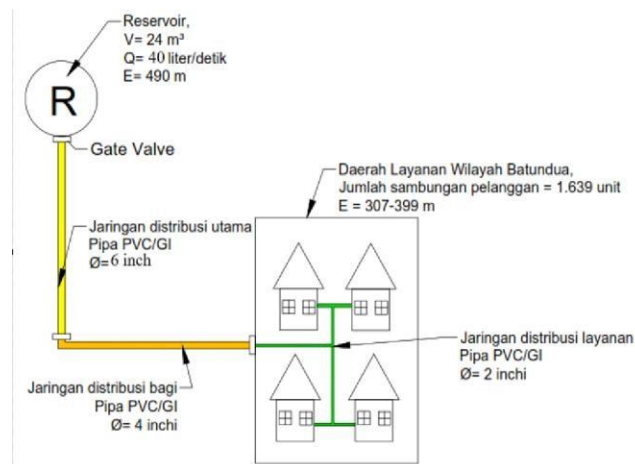
Sistem penyediaan air bersih pada PDAM Tirta Ayumi menggunakan dua sistem utama yaitu SPAM Batunadua dan SPAM Tenggara, yang masing-masing melayani wilayah distribusi berbeda dengan sistem pengaliran gravitasi melalui jaringan perpipaan.

Sistem Penyediaan Air Bersih (SPAM) PDAM Tirta Ayumi

PDAM Tirta Ayumi mengoperasikan dua sistem penyediaan air bersih yang berfungsi mendistribusikan air dari reservoir menuju jaringan distribusi hingga sampai ke pelanggan.

SPAM Batunadua

SPAM Batunadua merupakan salah satu sistem penyediaan air bersih yang beroperasi pada wilayah pelayanan Kecamatan Padangsidimpuan Batunadua. Sistem ini berfungsi mendistribusikan air bersih dari reservoir menuju jaringan distribusi hingga sampai ke pelanggan yang berada di wilayah pelayanan.



Gambar 1. Sistem distribusi SPAM Batunadua.

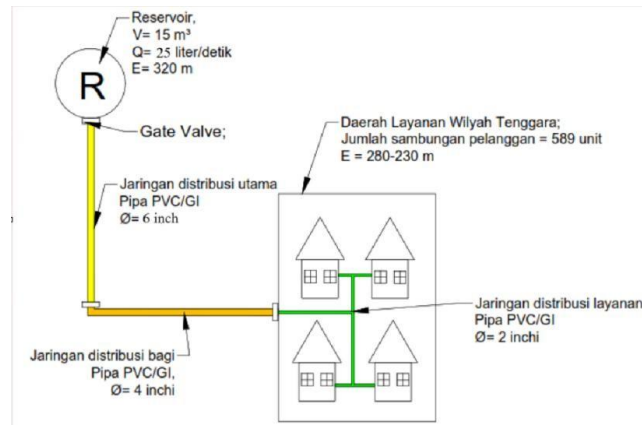
Sumber: KPUPR-BPPSPAM (2019)

Ukuran bangunan reservoir pada SPAM Batunadua disesuaikan dengan kapasitas debit air yang diproduksi dan didistribusikan, yaitu sebesar 40 L/detik. Sistem distribusi air pada SPAM Batunadua menggunakan sistem pengaliran secara gravitasi dengan suplai air bersih yang bersifat kontinu selama rata-rata 24 jam per hari. Sistem ini memanfaatkan perbedaan elevasi antara lokasi reservoir dengan daerah layanan sehingga air dapat mengalir secara alami tanpa bantuan pompa.

Reservoir SPAM Batunadua berada pada elevasi sekitar 490 meter di atas permukaan laut, sedangkan wilayah pelayanan berada pada rentang elevasi 307–399 meter. Perbedaan elevasi tersebut memungkinkan air mengalir dari reservoir menuju jaringan distribusi secara gravitasi. Dengan kondisi tersebut, sistem distribusi dapat beroperasi secara efisien karena tidak memerlukan energi tambahan untuk proses pemompaan, serta mampu menjaga kontinuitas aliran air menuju pelanggan di wilayah pelayanan.

SPAM Tenggara

SPAM Tenggara merupakan sistem penyediaan air bersih yang melayani wilayah Kecamatan Padangsidempuan Tenggara. Sistem ini memiliki konsep distribusi yang hampir sama dengan SPAM Batunadua, yaitu menggunakan sistem pengaliran air secara gravitasi dari reservoir menuju jaringan distribusi hingga sampai ke pelanggan.



Gambar 2. Sistem distribusi SPAM Tenggara.

Sumber: KPUPR-BPPSPAM (2019)

Ukuran bangunan reservoir pada SPAM Tenggara disesuaikan dengan kapasitas debit air yang diproduksi dan didistribusikan, yaitu sebesar 25 L/detik. Sistem distribusi air bersih pada SPAM ini menerapkan sistem pengaliran secara gravitasi dengan pola suplai air yang bersifat kontinu kepada pelanggan. Sistem suplai tersebut memungkinkan distribusi air bersih dilakukan secara berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di wilayah pelayanan.

SPAM Tenggara memanfaatkan perbedaan elevasi antara lokasi reservoir dengan daerah layanan untuk mendukung proses distribusi air secara gravitasi. Reservoir SPAM Tenggara berada pada elevasi sekitar 320 meter, sedangkan daerah layanan berada pada rentang elevasi 230–280 meter. Perbedaan elevasi tersebut memungkinkan air mengalir secara alami melalui jaringan perpipaan distribusi tanpa memerlukan bantuan pompa.

Dengan kondisi tersebut, sistem distribusi air bersih pada SPAM Tenggara dapat menjangkau seluruh wilayah layanan melalui jaringan perpipaan yang terhubung hingga ke setiap sambungan pelanggan. Sistem distribusi berbasis gravitasi ini memberikan keuntungan dalam efisiensi operasional karena meminimalkan penggunaan energi serta mampu menjaga kontinuitas suplai air bersih kepada masyarakat.

Analisis Simulasi Jaringan Distribusi Air Bersih

Simulasi jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidempuan dilakukan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.2 pada dua wilayah pengelolaan, yaitu Kecamatan Padangsidempuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidempuan Tenggara.

Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja hidraulik jaringan distribusi eksisting berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu tekanan (pressure), kecepatan aliran (velocity), debit aliran (flow), serta kehilangan energi (unit headloss).

Sebagian data dasar yang digunakan dalam simulasi diperoleh dari peta jaringan distribusi PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan yang kemudian diperjelas menggunakan Google Earth. Data tersebut meliputi titik node pada daerah layanan, elevasi wilayah, debit kebutuhan pada node, serta jalur pipa distribusi pada masing-masing wilayah pengelolaan. Data dasar tersebut digunakan sebagai input dalam proses simulasi menggunakan EPANET 2.2.

Tabel 1. Data Dasar Wilayah Pengelolaan Kecamatan Padangsidimpuan Batunadua.

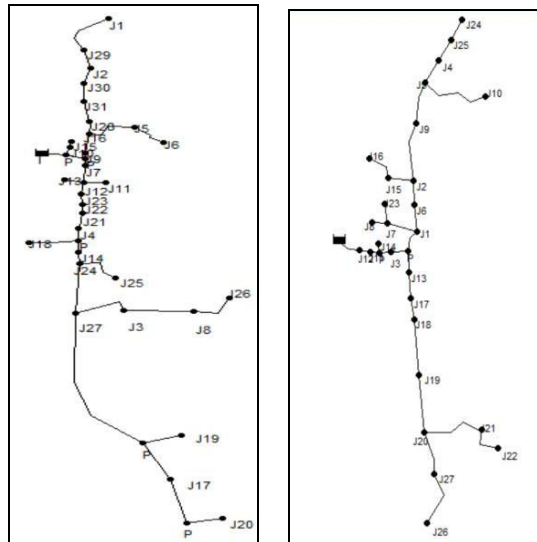
No	Daerah Layanan	Sambungan Pelanggan (unit)	Elevasi (m)	Outtake Air (L/s)
1	Jl. SM Raja BTN Julu	85	415	2,11
2	Jl. SM Raja BTN Julu Parsadaan	12	390	0,24
3	Gg. Lele Jumbo	21	350	0,42
4	Jl. Sumoharjo Purwodadi	98	353	1,96
5	Jl. Ujung Gurap	34	367	0,68
6	Jl. Perum Nato Blok	151	362	3,49
7	Jl. Raja Inal Siregar	17	360	0,41
8	Jl. Perumahan Permata Indah BTN Jae	37	343	0,74
9	Jl. SM Raja BTN Jae	128	361	3,83
10	Jl. SM Raja Gg. Sihar	57	357	1,27
11	Jl. SM Raja Gg. Jasa Raharja	99	358	2,24
12	Gg. STN Soripada	50	360	0,10
13	Jl. SM Raja Gg. Restu Ibu	55	351	1,26
14	Gg. Cendana Raya	35	360	0,73
15	Jl. SM Raja Gg. Cendana II	15	372	0,32
16	Jl. SM Raja Gg. Salak Permai I	44	318	0,91
17	Jl. Sikoring-Koring	37	354	0,78
18	Jl. SM Raja Gg. Salak Permai II	31	320	0,66
19	Jl. SM Raja Gg. Salak Permai IV	140	320	3,03
20	Jl. SM Raja Gg. Cendana I	40	355	0,98
21	Jl. SM Raja Gg. Cendana III	12	355	0,24
22	Jl. SM Raja Gg. Cendana IV	12	356	0,26
23	Jl. SM Raja Gg. Ar-Raihan	15	347	0,30
24	Jl. SM Raja Gg. Lestari	93	349	1,89
25	Jl. Bukit Horas	46	350	0,92
26	Jl. SM Raja Gg. Amal	18	340	0,39
27	Jl. SM Raja Gg. Otoayana	57	384	1,31
28	Gg. Ambon Lk. II	58	390	1,16
29	Jl. SM Raja Gg. Selamat	18	386	0,36

No	Daerah Layanan	Sambungan Pelanggan (unit)	Elevasi (m)	Outtake Air (L/s)
30	Jl. SM Raja Gg. Istana	18	386	0,39
	TOTAL	1639	-	35,65 L/s

Tabel 2. Data Dasar Wilayah Pengelolaan Kecamatan Padangsidimpuan Tenggara.

No	Daerah Layanan	Sambungan Pelanggan	Elevasi (m)	Outtake Air (L/s)
1	Jl. Rajawali	25	265	0,51
2	Jl. SM Raja Pal IV – Pijorkoling – Salambue	65	268	1,73
3	Jl. Damar Raya Perum Piko	10	265	0,20
4	Jl. Dwikora II Pal IV	12	277	0,26
5	Jl. Dwikora III Pal IV	16	277	0,32
6	Jl. SM Raja Pal IV – Salambue II	62	266	2,05
7	Jl. SM Raja Simp. Rutan	12	266	0,39
8	Jl. Pendidikan Salambue	7	266	0,28
9	Jl. Keliling Pijorkoling	10	271	0,20
10	Jl. Cendana Raya Perum Piko	28	265	0,58
11	Jl. Cendana II Perum Piko	5	265	0,10
12	Jl. Raja Imbang Desa	103	262	3,12
13	Jl. Cendana IV Perum Piko	5	265	0,10
14	Jl. Meranti Raya I	21	272	0,44
15	Jl. Meranti Raya II	43	272	0,88
16	Jl. Mgr. Jombang Desa	47	253	0,94
17	Jl. Damar IV	12	259	0,28
18	Jl. Damar III	6	259	0,12
19	Jl. Mahoni II	15	246	0,29
20	Jl. Mahoni IV Perum Piko	11	246	0,22
21	Jl. Mahoni I Perum Piko	6	246	0,12
22	Jl. Jati I Perum Piko	3	263	0,06
23	Jl. Bangau	12	274	0,34
24	Jl. Jati Raya Pijorkoling	35	277	0,83
25	Jl. Pinus Raya	2	246	0,04
26	Jl. Abdul Haris Nasution	5	247	0,17
	TOTAL	589	-	14,72 L/s

Data-data tabel di atas didapatkan berdasar PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan, perhitungan lapangan serta software Google Earth. Data-data yang telah diinput disimulasikan memakai Epanet 2.2 seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



(a) Kec. Padangsidimpuan Batunadua

(b) Kec. Padangsidimpuan Tenggara

Sumber: Epanet 2.2 (2025)

Gambar 3. Hasil simulasi Epanet 2.2 distribusi air PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan.

Pada wilayah pengelolaan Kecamatan Padangsidimpuan Batunadua, jaringan distribusi yang disimulasikan terdiri dari 36 junction, 36 pipa, dan 1 reservoir. Elevasi node berada pada rentang 320–490 m, dengan reservoir sebagai titik elevasi tertinggi. Perbedaan elevasi tersebut memungkinkan sistem distribusi bekerja menggunakan aliran gravitasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa total kebutuhan debit jaringan sebesar 36,17 L/detik, sedangkan kapasitas reservoir mencapai 40 L/detik, sehingga secara kuantitas debit air masih mampu memenuhi kebutuhan distribusi. Nilai tekanan pada junction bervariasi dari kurang dari 25 m hingga lebih dari 100 m. Seluruh junction memenuhi tekanan minimum, namun beberapa titik menunjukkan tekanan yang melebihi batas maksimum yang dianjurkan. Kondisi ini dapat menyebabkan kebocoran pipa atau kerusakan jaringan dalam jangka panjang. Oleh karena itu diperlukan pengendalian tekanan melalui pemasangan Pressure Reducing Valve (PRV) atau pembangunan bak pelepas tekanan. Kecepatan aliran air pada jaringan pipa berkisar antara 0,08 – 1,82 m/s. Meskipun masih berada di bawah batas maksimum, terdapat beberapa pipa dengan kecepatan aliran di bawah standar minimum 0,3 m/s, yang dapat menyebabkan sedimentasi pada jaringan pipa. Solusi yang dapat dilakukan adalah penyesuaian diameter pipa atau penambahan pompa pada segmen tertentu. Nilai unit headloss pada sebagian besar pipa berada di bawah batas maksimum 10 m/km, namun terdapat beberapa pipa dengan nilai headloss yang relatif tinggi sehingga disarankan penerapan pipa paralel untuk mengurangi kehilangan energi.

Pada wilayah pengelolaan Kecamatan Padangsidempuan Tenggara, jaringan distribusi terdiri dari 29 junction, 29 pipa, dan 1 reservoir dengan elevasi jaringan pada rentang 246–320 m. Sistem distribusi pada wilayah ini juga menggunakan sistem aliran gravitasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa total kebutuhan debit sebesar 15,21 L/detik, sedangkan kapasitas reservoir mencapai 25 L/detik, sehingga ketersediaan air masih mencukupi untuk melayani kebutuhan pelanggan. Tekanan air pada jaringan distribusi wilayah Tenggara relatif stabil dan umumnya telah memenuhi standar minimum. Beberapa junction menunjukkan tekanan yang sedikit melebihi batas maksimum, namun masih dapat dikendalikan melalui pemasangan PRV. Kecepatan aliran pada jaringan berkisar antara 0,01 – 0,77 m/s, dengan beberapa segmen pipa memiliki kecepatan di bawah standar minimum. Kondisi ini menunjukkan perlunya optimasi diameter pipa atau peningkatan debit aliran untuk menjaga kualitas distribusi air. Nilai unit headloss pada seluruh pipa masih berada di bawah batas maksimum yang diperkenankan, sehingga kehilangan energi pada jaringan distribusi wilayah Tenggara masih tergolong normal dan tidak menimbulkan kendala signifikan terhadap kinerja sistem.

Secara umum, hasil simulasi menggunakan EPANET 2.2 menunjukkan bahwa jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi pada kedua wilayah pengelolaan masih mampu beroperasi dengan baik dari sisi ketersediaan debit dan pemenuhan tekanan minimum pada jaringan. Meskipun demikian, masih diperlukan beberapa upaya perbaikan teknis untuk meningkatkan kinerja sistem distribusi air bersih. Perbaikan tersebut terutama berkaitan dengan pengendalian tekanan air yang berlebih pada beberapa titik jaringan yang berpotensi menyebabkan kebocoran atau kerusakan pipa, peningkatan kecepatan aliran pada beberapa segmen pipa yang masih berada di bawah standar minimum, serta optimalisasi diameter pipa agar efisiensi distribusi air dapat lebih terjaga. Dengan dilakukannya upaya perbaikan tersebut, diharapkan sistem jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi dapat beroperasi secara lebih optimal, efisien, dan berkelanjutan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan EPANET 2.2, jaringan distribusi air bersih PDAM Tirta Ayumi pada wilayah Kecamatan Padangsidempuan Batunadua dan Kecamatan Padangsidempuan Tenggara secara umum masih mampu memenuhi kebutuhan debit air pelanggan. Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa parameter hidraulik pada jaringan, seperti tekanan dan kecepatan aliran pada beberapa segmen pipa, belum sepenuhnya memenuhi nilai yang dipersyaratkan sehingga diperlukan penyesuaian pada beberapa bagian jaringan distribusi agar kinerja sistem dapat lebih optimal.

PDAM Tirta Ayumi Kota Padangsidimpuan disarankan melakukan pengendalian tekanan pada beberapa titik jaringan serta melakukan evaluasi terhadap diameter pipa pada segmen yang memiliki kecepatan aliran rendah. Upaya tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem distribusi air bersih dalam memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, F. (2022). *Analisis kualitas air bersih pelanggan pada zona 145 PDAM Way Rilau Bandar Lampung tahun 2022*. Poltekkes Tanjungkarang.
- Alihar, F. (2018). Penduduk dan akses air bersih di Kota Semarang. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 13(1), 67–76.
- Arsana, I. I. G. N. K., Yekti, M. I., & Jaya, E. N. M. P. (2024). *Sistem penyediaan air minum dan infrastruktur*. Penerbit Widina.
- Doan, D. (2025). *Analisis dan simulasi hidrodinamika pada pompa sentrifugal KS-SE3*. Politeknik Negeri Bengkalis.
- Elvika, Z. (2024). *Evaluasi sistem jaringan pipa distribusi air bersih di Kecamatan Ampek Nagari Kabupaten Agam*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Fadillah, W. O. N. (2024). *Arahan pengembangan infrastruktur air bersih di wilayah perkotaan Raha: Directions for development clean water infrastructure in the urban area of Raha*. Universitas Hasanuddin.
- Fatritya, L. G. I., Saimah, W., Hadi, I., & Aryanti, E. (2025). Peran air bersih dan sanitasi dalam meningkatkan kualitas hidup: Tinjauan literatur terhadap pencapaian tujuan SDGs 2030. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(1), 596–602. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v6i1.598>
- Hasibuan, J. Y. (2022). *Strategi peningkatan kualitas pelayanan pada PDAM Tirtanadi Cabang Tapanuli Selatan Padangsidimpuan*. UIN Syekh Ali Hasan Ahmad Addary Padangsidimpuan.
- Kurniawan, M. A., Fitriani, H., & Hadinata, F. (2021). Analisis kebutuhan penyediaan air bersih di Kota Palembang: *Analysis of water demand supply in Palembang*. *Jurnal Saintis*, 21(02), 105–112. [https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21\(02\).7611](https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21(02).7611)
- Kusumawardani, Y., & Astuti, W. (2018). Evaluasi pengelolaan sistem penyediaan air bersih di PDAM Kota Madiun. *Jurnal Neo Teknika*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.37760/neoteknika.v4i1.1061>
- Lubis, R. S. (2017). Pengaruh kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi cabang Tapanuli Selatan di Kecamatan Padangsidimpuan Utara Kota Padangsidimpuan. *IAIN Padangsidimpuan*.
- M Idham, S. (2026). *Perbandingan desain perpipaan pada aplikasi EPANET 2.2 antara penggunaan pompa dan gravitasi jaringan pipa distribusi (Studi Kasus: DMA G45 Kalibalau Kencana, Kedamaian, Bandar Lampung)*. Fakultas Teknik.

- Muhammad, A. W. J. (2025). *Analisis jaringan pipa distribusi air bersih PDAM Way Rilau menggunakan software EPANET 2.2 (Studi Kasus: District Meter Area (DMA) G26 Kelurahan Sukabumi, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung)*.
- Paranoan, A. (2018). *Analisa kinerja jaringan sistem distribusi air bersih di Kabupaten Ende*. Universitas Hasanuddin.
- Pratama, E. D., Hajianto, M. R., & Negara, A. M. R. P. (2025). *Evaluasi kinerja jaringan distribusi air asrama Vyatra menggunakan simulasi hidraulik EPANET 2.2*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Dan Mineral*, 5(1), 1032–1042. <https://doi.org/10.53026/prosidingsntem.v5i1.676>
- Ritonga, R. M. (2017). *Evaluasi perhitungan debit air dan pendistribusian air bersih terhadap kebutuhan rumah tangga*.
- Salilama, A. (2018). *Analisis kebutuhan air bersih (PDAM) di wilayah Kota Gorontalo*. *Radial*, 6(2), 102–114.
- 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>
- Sukartini, N. M., & Saleh, S. (2016). *Akses air bersih di Indonesia*. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 9(2), 228355.
- Sukmawardani, M. A., Sururi, M. R., & Sutadian, A. D. (2021). *Evaluasi hidrolis jaringan distribusi air minum sistem beber PDAM Tirta Jati Kabupaten Cirebon*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 58–67. <https://doi.org/10.29122/jtl.v22i1.4088>
- Talanipa, R., Putri, T. S., Rustan, F. R., & Yulianti, A. T. (2022). *Implementasi aplikasi EPANET dalam evaluasi pipa jaringan distribusi air bersih PDAM Kolaka*. *INFORMAL: Informatics Journal*, 7(1), 46–58. <https://doi.org/10.19184/isj.v7i1.30802>
- Tamim, T., & Tumpu, M. (2022). *Sistem penyediaan air minum*. Tohar Media.
- Udin, M., Latief, R., & Nasution, M. A. (2024). *Optimalisasi sistem distribusi air bersih perpipaan di Kecamatan Watang Sawitto, Kabupaten Pinrang*. *Urban and Regional Studies Journal*, 6(2), 174–180. <https://doi.org/10.35965/ursj.v6i2.4496>
- Wulandari, D. F., Subekti, A., & Nugroho, A. T. (2025). *Optimization of water distribution based on head loss analysis using EPANET software*. *BERKALA SAINSTEK*, 13(2), 109–118. <https://doi.org/10.19184/bst.v13i2.53702>