

EVALUASI SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM PERUSAHAAN UMUM DAERAH AIR MINUM X ZONA PELAYANAN Y

EVALUATION OF THE DRINKING WATER DISTRIBUTION NETWORK SYSTEM OF REGIONAL DRINKING WATER COMPANY X IN SERVICE ZONE Y

Saeril Barikiyah¹⁾, Ipung Fitri Purwanti^{1*)}

¹⁾ Environmental Engineering Department, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Sukolilo, Surabaya, 60111

^{*)} E-mail: purwanti@enviro.its.ac.id

Abstrak

Tingkat kehilangan air Perusahaan Umum Daerah Air Minum X sebesar 26,47% dan zona pelayanan Y volume kehilangan air sebesar 19,2 %, volume kehilangan air didominasi oleh kehilangan air secara fisik sebesar 25,4 % dan kehilangan air non fisik sebesar 8,1 %. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 27/PRT/M/2016 bahwa batas maksimum tingkat kehilangan air sebesar 20%. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi jaringan distribusi perpipaan pada Perusahaan Umum Daerah Air Minum X zona pelayanan Y. Metode penelitian ini yaitu analisis jaringan distribusi menggunakan software Epanet dengan ditinjau tekanan dan kecepatan aliran air dengan perpedoman Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 27/PRT/M/2016. Tekanan aliran air pada zona pelayan Y saat jam puncak (07:00) terdapat satu daerah mengalami negative pressure (-19 m), sedangkan kecepatan aliran air mengalami kecepatan dibawah batas minum yaitu dibawah 0,3 m/detik. Evalausi system jaringan distribusi dengan mengganti diameter pipa, dari ukuran eksisting 100 mm menjadi 150 mm. Evalausi evalausi ini bertujuan untuk menghilangkan *negative* tekanan, sehingga air dari reservoir dapat dialirkan sampai pada pelanggan.

Kata kunci: Distribusi, epanet, kecepatan, tekanan, zona pelayanan Y.

Abstact

The water loss rate of the X Drinking Water Regional Public Company is 26.47% and the Y service zone water loss volume is 19.2%, the volume of water loss is dominated by physical water loss of 25.4% and non-physical water loss of 8.1%. Based on Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 27/PRT/M/2016 that the maximum limit of water loss rate is 20%. The purpose of this research is to evaluate the piping distribution network at the X Regional Drinking Water Company in service zone Y. The method of this research is to analyse the distribution network using Epanet software by reviewing the pressure and speed of water flow based on the Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing of the Republic of Indonesia No 27/PRT/M/2016. Water flow pressure in service zone Y during peak hours (07:00) there is one area experiencing negative pressure (-19 m), while the speed of water flow is experiencing speeds below the drinking limit, which is below 0.3 m / sec. Evalausi distribution network system by changing the diameter of the pipe, from the existing size of 100 mm to 150 mm. This evaluation aims to eliminate negative pressure, so that water from the reservoir can be flowed to customers.

Keywords: Distribution, epanet, velocity, pressure, service zone

1. PENDAHULUAN

Penyediaan air minum merupakan kebutuhan dasar dan hak masyarakat yang harus dipenuhi oleh pemerintah, baik pemerintah daerah maupun pemerintah pusat. Kebutuhan air daerah ditangani oleh Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdam) yang menaungi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

Berkembangnya penduduk di Kabupaten X dapat meningkatnya kebutuhan air minum. Berdasarkan Badan Pusat Statistik dalam angka tahun 2023 Kabupaten X memiliki 20 kecamatan dengan jumlah penduduk pada tahun 2022 sebesar 1.335.972 jiwa. Perusahaan Umum Daerah Air Minum X melayani 5 wilayah pelayanan dengan mengaliri 13 kecamatan dengan persebaran jaringan 77 desa dengan pelayanan sebesar 22, dan zona pelayanan Y sebesar 11.849 sambungan rumah (SR). Air yang terdistribusi pada zona pelayanan Y diproduksi di 5 sumur bor yang tersebar pada zona pelayanan Y. Air didistribusikan dengan pompa yang berada di setiap sumur bor zona pelayanan Y.

Berdasarkan misi Perusahaan Umum Daerah Air Minum X yaitu menekan tingkat kebocoran air, baik fisik maupun non fisik. Pada laporan Badan Pengawasan Keuangan dan pembangunan Perusahaan Umum Daerah Air Minum X tahun 2023 volume air yang didistribusikan kepada pelanggan sebesar 5.922.338 m³, volume air yang telah diterbitkan rekening kepada pelanggan sebesar 4.354.472 m³, sehingga kehilangan air distribusi sebesar 26,47%. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 27/PRT/M/2016 bahwa tingkat kehilangan air maksimum sebesar 20%.

Berdasarkan *water balance* zona pelayanan Y tahun 2023 7,3 % dengan persentase volume kehilangan air sebesar 19,2 %. Volume kehilangan air didominasi oleh kehilangan air secara fisik sebesar 25,4 % dan kehilangan air non fisik sebesar 8,1%. Kehilangan air secara fisik disebabkan oleh kebocoran pada pipa distribusi yang terlihat maupun tidak terlihat, kebocoran akibat fitting dan sambungan pipa,

serta kebocoran pipa persil sambungan rumah hingga ke meter air. Sedangkan, kehilangan air non fisik disebabkan oleh kurang baiknya akurasi bacaan meter pelanggan

Pada penelitian (Indriaty & Hadi, 2023) salah satu penyebab kehilangan air Perusahaan Umum Daerah Air Minum X pada jaringan pipa sistem distribusi masih interkoneksi dari satu sumber ke sumber lain, hal ini menyebabkan sulit mendeteksi kebocoran dan kehilangan tekanan pada wilayah pelayanan. Berdasarkan (Dexametasoni, 2020) dalam menurunkan kehilangan air dapat dilakukan dengan memperkecil diameter pipa, PDAM Tirtanadi Kota Padangsidimpu dengan rata-rata kehilangan air per pelanggan sebesar 21,2%, setelah dilakukan evaluasi dengan mengganti diameter pipa kecepatan aliran air memenuhi persyaratan yang berlaku. Pada penelitian (Barikiyah *et al.*, 2023) dengan mengganti diameter pipa bertujuan agar tekanan dan kecepatan aliran air pada pipa distribusi dengan volume air yang didistribusikan pada pelanggan stabil. Sebagaimana PDAM Bojonegoro dilakukan optimalisasi jaringan distribusi perpipaan dengan mengganti diameter pipa agar pelanggan air terjauh dapat mengalirkan air dengan debit yang cukup (Utama & Zumrotin, 2022).

Kondisi pelayanan air bersih yang diinginkan oleh seluruh pelanggan adalah tersedianya air secara kontinyu atau terus menerus. Hal yang sangat penting dalam distribusi air bersih kepada masyarakat adalah sistem jaringan distribusi. Jaringan pipa distribusi memiliki fungsi yang sangat penting yaitu untuk mendistribusikan air bersih kepada seluruh pelanggan dengan memperhatikan beberapa aspek diantaranya kuantitas, kualitas, kontinuitas dan keterjangkauan (Dexametasoni, 2020). Melalui beberapa dasar, agar ketersediaan air minum berlangsung secara terus menerus dan pelayanan dapat terlayani dengan baik, sehingga pada penelitian ini dilakukan studi mengenai evaluasi sistem jaringan distribusi air minum Perusahaan Umum Daerah Air X Zona Pelayanan Y.

2. METODA

2.1. Analisis Hidrolika Jaringan

Topografi zona pelayanan Y diperoleh dari *software* QGIS dan *Google Earth*. Output pada perangkat lunak ini berupa peta jaringan distribusi dan elevasi setiap persimpangan. Selanjutnya dilakukan analisis kondisi eksisting menggunakan *software* Epanet pada jaringan distribusi zona pelayanan Y. Analisis kondisi eksisting menggunakan *software* Epanet terdiri dari tekanan dan kecepatan aliran air dengan membandingkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 27/PRT/M/2016 batas minimum kecepatan air dalam pipa yaitu 0,3-0,6 m/det dan batas maksimum kecepatan air dalam pipa yaitu 3,0-4,5 m/det. Sedangkan tekanan air didalam pipa batas minimum sebesar 1 atm dan batas maksimum tekanan air didalam pipa sebesar 6-8 atm. Tujuan adanya evaluasi adalah untuk memberikan saran kepada pihak Perusahaan Umum Daerah Air Minum X khususnya pada zona pelayanan Y jika terdapat kekurangan dalam distribusi air bersih agar dapat tercapai jumlah pelayanan sesuai perencanaan cakupan air bersih Kabupaten X.

2.2. Perhitungan Dimensi

Perhitungan dimensi terdiri dari perhitungan dimensi perpipaan, dengan mencari diameter yang ada dipasaran, diameter yang mendekati hasil perhitungan dan perhitungan minor headloss mayor dan headloss minor.

Perhitungan dimensi perpipaan didapatkan rumus berikut: (Alvisi & Franchini, 2014)

$$Q = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (1)$$

Keterangan:

Q = debit aliran dalam pipa (Lps)
D = diameter pipa distribusi (mm)

Perhitungan untuk *headloss mayor* dengan rumus sebagai berikut: (Mays, 1999)

$$\Delta H = \left(\frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \quad (2)$$

Perhitungan untuk *headloss minor* dengan rumus sebagai berikut: (Nenny Roostriawaty et al., 2021)

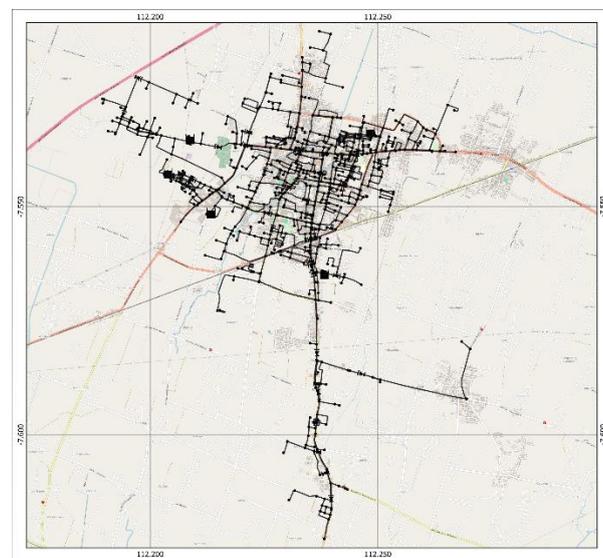
$$H_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Keterangan:

Q = debit aliran dalam pipa (Lps)
C = koefisien kekasaran pipa menurut Hazen-Wiliams (non dimensi)
D = diameter pipa distribusi (mm)
S = headloss mayor (meter)
 Δh = headloss minor (meter)
K = koefisien headloss aksesoris (non dimensi)
v = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
g = percepatan gravitasi (9,81 m²/s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perusahaan Umum Daerah Air Minum X pada zona pelayanan Y menggunakan system jaringan distribusi jaringan pemompaan pada setiap sumur bor yang tersebar pada zona pelayanan Y. Elevasi pada jaringan distribusi air minum pada zona pelayanan Y dimulai dengan elevasi 30 m. Jaringan distribusi perpipaan zona pelayanan Y dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Jaringan Distribusi Perpipaan Zona Pelayanan Y

3.1. Analisis Jaringan Distribusi Kondisi Eksisting Software Epanet 2.0

Analisis kondisi eksisting jaringan distribusi menggunakan software Epanet, hasil running simulasi ini terdiri dari data output pipa yakni flow (debit), velocity (kecepatan aliran), dan headloss (kehilangan tekanan). Data output node yakni pressure (tekanan) dan total head. Nilai tekanan dan kecepatan aliran pipa mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Analisis tekanan dan kecepatan aliran air pada jaringan distribusi dilakukan dua kondisi, yaitu jam minimum (02:00) dan jam puncak (07:00). Pada dua kondisi ini untuk mengetahui perbedaan kondisi aliran air rendah dan tinggi pada dua kondisi yang berbeda.

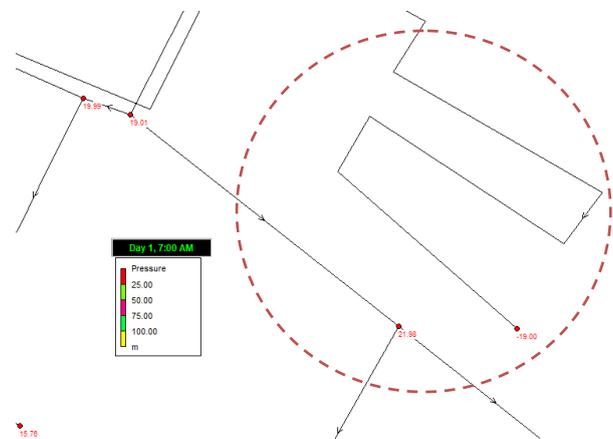
Berdasarkan hasil simulasi software Epanet pada jam minimum (02:00), terdapat beberapa daerah yang mengalami tekanan aliran air yang melebihi batas maksimum Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum yaitu 6-8 atm (**Tabel 1**). Tingginya tekanan aliran air pada jam minum, disebabkan oleh tidak adanya pemakaina air pada jam minum sehingga tekanan aliran air didalam pipa menjadi tinggi. Berdasarkan Pedoman Pengenalan SPAM BPPSPAM) Tekanan air dalam pipa yang berlebihan dapat diatasi dengan menggunakan katup pelepas tekan (*pressure reducing valve*).

Pada jam puncak (07:00), seluruh wilayah pelayanan Y terjadi penurunan tekanan aliran air. tekanan aliran air yang disebabkan oleh tingginya pemakaian air di masing-masing wilayah (**Tabel 2**), sehingga mengurangi tekanan suplai air dalam jaringan perpipaan distribusi, meskipun terjadi penurunan tekanan aliran air, penurunan tekanan ini masih berada dalam batas yang memenuhi standar ketentuan yaitu 10 m. Akan tetapi, terdapat satu daerah mengalami negative pressure (**Gambar 2**). Daerah yang mengalami *negative pressure* memiliki nilai tekanan negatif, yang berarti bahwa air yang didistribusikan dari reservoir tidak dapat sampai pada sebagian daerah. Hal

ini juga, dapat mengakibatkan satu daerah wilayah pelayanan Y kesulitan pemakaian air. *Negative pressure* pada zona pelayanan Y dijelaskan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Lokasi yang mengalami *Negative Pressure*

No Junc	No Pipa	Titik Koordinat	<i>Negative Pressure</i>
J529	P922	12491007.620 -842315.236	-19,00



Gambar 2. Daerah yang mengalami *Negative Pressure*

Tabel 2. Hasil Analisa Pressure Kondisi Eksisting Zona Pelayanan Y

Node Junction	Elevasi	Pressure	
		02:00	07:00
Junc J57	48	81,03	58,82
Junc J72	39	81,76	59,88
Junc J73	39	81,77	60,01
Junc J74	40	80,79	59,20
Junc J76	38	82,98	63,18
Junc J77	39	81,99	62,18
Junc J100	39	82,14	62,95
Junc J101	39	82,14	62,93
Junc J102	38	83,26	64,62

Node Junction	Elevasi	Pressure	
		02:00	07:00
Junc J103	39	82,26	63,62
Junc J104	39	82,26	63,66
Junc J513	39	82,48	65,67
Junc J514	41	80,47	63,60
Junc J515	39	82,32	64,19
Junc J516	40	81,21	62,17
Junc J369	37	84,24	70,86
Junc J370	38	83,23	70,16
Junc J371	38	83,23	70,14
Junc J372	37	84,23	71,12
Junc J373	37	84,23	71,21
Junc J374	37	84,23	71,21
Junc J375	37	84,20	70,96
Junc J376	35	86,23	73,20
Junc J377	36	85,23	72,20
Junc J378	37	84,23	71,21
Junc J388	35	86,23	73,48

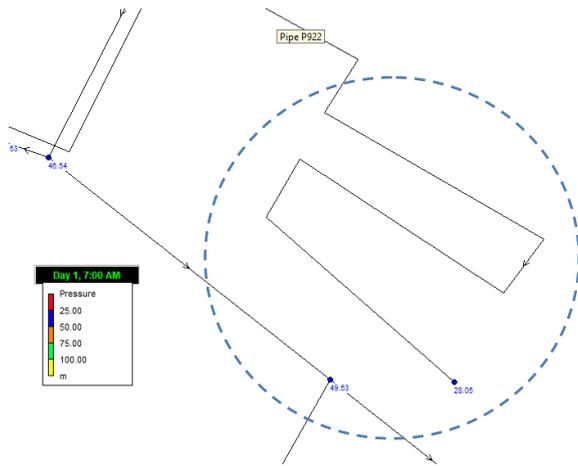
Ditinjau dari kecepatan aliran air, berdasarkan hasil simulasi Epanet ini, jaringan perpipaan distribusi di zona pelayanan Y ini tidak memenuhi standar kecepatan aliran dalam pipa PVC (0,3–3 m/detik). Pada saat jam konsumsi air puncak dan pada jam konsumsi air minimum, kecepatan aliran di beberapa bagian jaringan masih di bawah 0,3 m/detik. Salah satu penyebab kondisi ini adalah karena jaringan perpipaan yang masih interkoneksi, di mana pipa-pipa saling terhubung tanpa pemisahan yang jelas, sehingga aliran air tidak terdistribusi dengan optimal. Akibatnya, suplai air menjadi tidak merata di beberapa wilayah. Selain itu, berdasarkan Menurut (Mustafidah, 2019) masalah seperti kehilangan tekanan yang tinggi dan desain perpipaan yang kurang efektif turut berkontribusi pada rendahnya kecepatan aliran di beberapa bagian jaringan.

3.2. Evaluasi Jaringan Distribusi dengan Pergantian Diameter Pipa Pada Zona Pelayanan Y Simulasi Software Epanet

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, pada sebagian zona pelayanan Y belum memenuhi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 27/PRT/M/2016, penurunan tekanan aliran air ini disebabkan oleh diameter pipa yang kecil. Hal ini dapat merugikan karena secara langsung akan membatasi air yang terdistribusi sampai ke pelanggan oleh karena sisa tekan air yang semakin kecil, terlebih lagi apabila kebutuhan air seluruh masyarakat di wilayah ini meningkat setiap periodenya, maka secara perlahan akan menyebabkan masyarakat tidak mendapatkan suplai air secara kontinu (pelayanan *intermittent*)

Rekomendasi untuk meningkatkan kinerja jaringan distribusi di zona pelayanan Y adalah dengan mengganti diameter pipa distribusi dari ukuran eksisting 100 mm menjadi 150 mm, guna meningkatkan kapasitas aliran dan tekanan dalam jaringan sehingga distribusi air dapat berjalan lebih optimal. Selanjutnya diterapkan ke dalam model simulasi jaringan epanet sebelumnya yang telah dibuat,

Hasil simulasi epanet setelah dilakukan pergantian diameter perpipaan pada zona pelayanan Y, tidak terlihat lagi adanya lokasi sisa tekan atau *negative pressure* dibawah standar (10 m) (**Tabel 3**), hal ini dikarenakan jaringan perpipaan semakin efektif dan peningkatan tekanan yang lebih baik (**Gambar 3**). Berdasarkan Pedoman Pengenalan SPAM BPPSPAM) tekanan air kurang, akan menyebabkan kesulitan dalam pemakaian air, Sedangkan tekanan air yang berlebih dapat menimbulkan rasa sakit karena terkena pancaran air, merusak peralatan plambing, dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air, Besarnya tekanan air yang baik pada suatu daerah bergantung pada persyaratan pemakai atau alat yang harus dilayani,



Gambar 3. Pergantian Pipa Zona Pelayanan Y

Tabel 3. Hasil Analisis Pressure Zona Pelayanan Y

No Junc	No Pipa	Titik Koordinat	Pressure
J529	P922	12491007,620 -842315,236	28

Setelah dilakukan evaluasi pada sistem distribusi air, diketahui bahwa tekanan sistem sebelum evaluasi mengalami *negative pressure* (-19 m), yang berpotensi menyebabkan kehilangan air fisik akibat kebocoran atau *backflow*. Setelah evaluasi, dilakukan perbaikan sistem sehingga tekanan meningkat diatas 10 m, Untuk menghitung air yang terselamatkan akibat peningkatan tekanan tersebut, digunakan rumus perbandingan langsung antara tekanan sebelum dan setelah evaluasi, Rumus ini berdasarkan prinsip bahwa kehilangan air fisik dalam jaringan distribusi dipengaruhi oleh perubahan tekanan, yang dijelaskan dalam penelitian oleh (Duchesne, 2024) dan pedoman AWWA Manual M32 (2018),

Berdasarkan *water balance* zona pelayanan Y bahwa kehilangan air fisik pada tahun 2023 sebesar 383,921 m³, Dimana kehilangan air fisik ini didominasi oleh kebocoran pada perpipaan jaringan distribusi, Pada hasil simulasi epanet pada kondisi eksisting menunjukkan *negative pressure* pada jam puncak, Namun, setelah dilakukan nya evaluasi pada pergantian diameter pipa pada zona pelayanan Y, menunjukkan tidak terjadi tekanan *negative*, Pada perhitungan air yang terselamatkan pada jaringan distribusi sebesar

280,263 m³, setelah dilakukannya evaluasi menunjukkan upaya peningkatan kinerja jaringan distribusi mampu memberikan pengurangan kehilangan air fisik, sehingga efisiensi system jaringan distribusi perpipaan zona pelayanan Y dapat ditingkatkan,

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan evaluasi pergantian diameter pipa pada zona pelayanan Y, yang sebelumnya mengalami *negative pressure* (-19 m), kondisi tekanan dan kecepatan aliran air telah memenuhi standar sesuai Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, yaitu tekanan minimum di atas 10 m dan kecepatan aliran air di atas 0,3 m/detik, Evaluasi ini juga berhasil mengurangi kehilangan air fisik sebesar 280,263 m³, sehingga peningkatan kinerja jaringan distribusi mampu meningkatkan efisiensi sistem perpipaan di zona pelayanan Y,

DAFTAR PUSTAKA

Alvisi, S., & Franchini, M, (2014), A Procedure For The Design Of District Metered Areas In Water Distribution Systems, *Procedia Engineering*, 70(December), 41–50,

Barikiyah, S., Utama, T, T., Nengse, S., & Setyowati, R, D, N, (2023), Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Pdam Kota Mojokerto Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Wates Zona Pelayanan Pengolahan Air Prajurit Kulon, *Jurnal Reka Lingkungan*, 11(2), 152–161,

Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, (2023), Kabupaten Jombang Dalam Angka 2023, BPS Kabupaten Jombang, 616,

Dexametasoni, (2020), Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Pdam Tirtanadi Cabang Padangsidempuan Dengan Menggunakan Epanet 2,0 Tugas, *August*, 234,

Duchesne, S, (2024), Impact Of Pressure On The Deterioration Of Drinking Water Distribution Networks, *Springer Nature Link*, 38(12), 4867–4882,

Indriaty, A., & Hadi, W, (2023), Optimalisasi Sistem Penyediaan Air Minum Dengan Menerapkan District Meter Area Pada

Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Kencana Kabupaten Jombang, *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 500,

- Mays, L, W, (1999), Water Distribution Systems Handbook,
- Mustafidah, H, (2019), Optimalisasi Tingkat Kehilangan Air PDAM Kota Mojokerto Dengan Penerapan Sistem Distric Meter Area (DMA) Ditinjau Dari Aspek Teknis, Kelembagaan Dan Finansial, *Tesis*, 1–126,
- Nenny Roostriawaty, Sriliani, & Erfan, M, (2021), Penentuan Diameter Pipa Optimal Dalam Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Wonotirto Kabupaten Blitar Provinsi Jawa Timur, *Sondir*, 5(1), 7–12,
- Pedoman Pengenalan SPAM BPPSPAM, (N,D), Pedoman Pengenalan SPAM BPPSPAM, 68, 244,
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/Prt/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, June,
- Utama, T, T,, & Zumrotin, A, (2022), Optimization Pressure Of Water Distribution Network System Of The Banjarsari Water Treatment Plant, PDAM Bojonegoro, *Andalasian International Journal Of Applied Science, Engineering And Technology*, 2(1), 34–44,
- WSDOH, (2009), Water System Design Manual, Washington State Department Of Health, 123(December), 325, h