

PENGENDALIAN KEHILANGAN AIR DMA 04 PUSAT PERUMDA AIR MINUM KOTA PADANG

Noviana Khairunisa Suharno ¹⁾, Adhi Yuniarto ²⁾, Gabriel Novianus Rumambo Pandin ³⁾
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan Dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh
Nopember, Surabaya, Indonesia ^{1,2)}

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, Indonesia ³⁾

Corresponding Author:

adhy@its.ac.id ²⁾

Abstrak

Pengendalian kehilangan air melalui pembentukan *District Metered Area* (DMA) merupakan salah satu metode yang digunakan Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Kota Padang dalam rangka meningkatkan kinerja operasional dan pelayanan. Non-Revenue Water (NRW) Perumda Air Minum Kota Padang dan DMA 04 Pusat sebesar 28,02% (Tahun 2022) dan 28,29% (Agustus 2023). Nilai tersebut di atas target kehilangan air nasional (25%). DMA 04 Pusat dilengkapi *Inline Booster Pump* (IBP) untuk meningkatkan tekanan di wilayah pelayanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kehilangan air fisik di DMA 04 Pusat sehingga dapat diusulkan strategi yang layak secara aspek teknis dan aspek pelayanan. Metode yang digunakan meliputi analisis terhadap kondisi eksisting DMA, analisis kehilangan air, pemodelan jaringan pipa, analisis kecepatan putaran pompa dan hubungan tekanan dengan kehilangan air fisik. Kondisi DMA 04 Pusat memenuhi kriteria pembentukan DMA berdasarkan literatur (jumlah sambungan rumah, jumlah inlet, peralatan pengukuran debit dan tekanan, variasi permukaan tanah, dan batas wilayah). Kecepatan putaran pompa eksisting dapat diturunkan dengan mempertimbangkan tekanan minimal 5 m di pelanggan sehingga penurunan tekanan mencapai 41,12%. Kehilangan air fisik turun sebesar 11.415,59 m³/bulan (12,82%), maka potensi penambahan pelanggan yaitu 399 sambungan rumah (17,88%).

Kata Kunci: DMA, kehilangan air, pompa, tekanan, pelanggan

Abstract

Water loss control through the establishment of District Metered Area (DMA) is one of the methods used by Perumda Air Minum Kota Padang in order to improve operational and service performance. Non-Revenue Water of Perumda Air Minum Kota Padang and DMA 04 Pusat is 28,02% (Year 2022) and 28,29% (August 2023). These values are above the national water loss target (25%). DMA 04 Pusat is equipped with an Inline Booster Pump (IBP) to increase pressure in the service area. This study aims to analyze physical water loss control in DMA 04 Pusat so that a feasible strategy can be proposed in technical and service aspects. The methods used include analysis of the existing conditions of the DMA, water loss analysis, pipe network modeling, pump rotation speed analysis and the relationship between pressure and physical water loss. The condition of DMA 04 Pusat meets the criteria for DMA formation based on the literature (number of house connections, number of inlets, discharge and pressure measurement equipment, ground surface variations, and boundaries). The existing pump rotation speed can be reduced by considering a minimum

History:

Received : 09 November 2023

Revised : 10 Januari 2024

Accepted : 25 Januari 2024

Published: 26 Februari 2024

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



pressure of 5 m at the customer so that the pressure drop reaches 41,12%. Physical water loss decreased by 11,415.59 m³/month (12,82%), then the potential for additional customers is 399 house connections (17,88%).

Keywords: *DMA, water loss, pump, pressure, customer*

PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan masa yang akan datang. Pada sektor lingkungan hidup, tujuan Pembangunan Berkelanjutan Tahun 2030 yaitu memastikan masyarakat mencapai akses universal air bersih (Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, 2020). Air Tak Berekoning atau *Non-Revenue Water* (NRW) menjadi tantangan dalam Pembangunan Berkelanjutan karena air dan energi yang hilang (Farouk et al., 2021). Permasalahan dalam penyediaan air minum pada negara berkembang adalah tingginya tingkat kehilangan air. Berdasarkan Buku Kinerja Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Air Minum Tahun 2022 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), tingkat kehilangan air di Indonesia mencapai 33,72%. Target nasional penurunan NRW dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 adalah 25%. Dalam Lampiran VII Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), target kehilangan air yaitu 20%. Tingkat kehilangan air (NRW) pada Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Kota Padang Tahun 2021 dan Tahun 2022 adalah 28,95% (Kementerian PUPR, 2022) dan 28,02% (Perumda Air Minum Kota Padang, 2022). Oleh karena itu, diperlukan strategi penurunan kehilangan air di Perumda.

Salah satu metode pengendalian kehilangan air yang digunakan di Perumda Air Minum Kota Padang melalui pembentukan *District Metered Area* (DMA) (FATMA, 2021). DMA adalah area yang terisolasi yang memungkinkan untuk melakukan pemantauan jumlah air yang masuk dan keluar serta tekanan air untuk menganalisis tingkat kehilangan air (Figueiredo et al., 2021). Monitoring kehilangan air menjadi lebih mudah dilakukan jika telah dibentuk DMA yang terisolasi. Dalam memilih metode penurunan kehilangan air perlu diperhatikan biaya yang diperlukan dan potensial penurunan tingkat kehilangan air (Al-Washali et al., 2020). Instrumen pembentuk DMA yaitu meter air induk, katup batas dan instrumen kontrol. DMA juga memberikan manfaat yaitu mempermudah pencarian kebocoran, pemerataan suplai air dan tekanan, mempermudah penjadwalan penggantian meter dan mempermudah pelacakan sambungan liar (Kementerian PUPR, 2018). DMA adalah zona kecil yang biasanya terdiri atas 500 - 3.000 Sambungan Rumah (Farley & Trow, 2003). Kriteria pembentukan DMA meliputi jumlah sambungan pelanggan, jumlah inlet, peralatan pengukuran debit dan tekanan (Kementerian PUPR, 2018), variasi permukaan tanah (Permen PUPR No. 27/PRT/M/2016), dan batas wilayah (Farley et al., 2008).

Dalam kegiatan pengendalian kehilangan air, terlebih dahulu dilakukan audit air melalui neraca air untuk mengetahui kehilangan air (Mustafidah, 2019). Pada dasarnya,

audit air terdiri atas 3 (tiga) langkah yaitu menghitung semua konsumsi air invididu, komponen kehilangan air melalui pengukuran atau estimasi berbasis komponen serta melakukan perhitungan neraca air (Thornton et al., 2008). Standar international untuk perhitungan neraca air dibentuk oleh IWA (*International Water Association*) supaya terdapat keseragaman format dan definisi (Farley & Trow, 2003). Dalam neraca air tersebut, volume input sistem adalah volume air yang masuk ke dalam jaringan penyediaan air minum baik air yang diproduksi sendiri maupun air yang dibeli oleh perusahaan air minum. NRW terdiri dari jumlah konsumsi resmi tak berekening dan kehilangan air (kehilangan air non-fisik dan kehilangan air fisik). Faktor yang dapat mempengaruhi kehilangan air yaitu kondisi jaringan pipa, praktek operasional perusahaan air minum, serta peralatan dan teknologi yang digunakan untuk mengontrol kehilangan air (Farley & Trow, 2003). Kehilangan fisik mencerminkan terjadinya pemborosan sumber daya, membatasi kuantitas air yang dapat diterima pelanggan, meningkatkan biaya operasi, serta menyebabkan perlunya investasi untuk meningkatkan kapasitas (Winarni, 2011).

Pengendalian kehilangan air fisik dapat dilakukan melalui kombinasi dari 4 (empat) komponen utama (pilar) dalam manajemen kehilangan fisik (Lambert, 2002) yaitu pengelolaan pipa dan aset, pengelolaan tekanan, kecepatan dan kualitas perbaikan serta pengendalian kebocoran aktif. Pengendalian tekanan merupakan alternatif untuk menyelamatkan air yang hilang. Tingkat kehilangan air mengalami perubahan menyesuaikan terhadap besar tekanan. Hubungan tekanan dan kehilangan air fisik dapat dihitung berdasarkan metode *Fixed and Variable Area Discharge* (FAVAD) (Kementerian PUPR, 2018). Dalam persamaan FAVAD, nilai N_1 dipengaruhi oleh karakteristik pipa dan jaringan. Nilai eksponen rata-rata berdasarkan hasil pengujian pada beberapa negara yang berbeda yaitu 1,14 (Thornton et al., 2008).

Persamaan FAVAD, yaitu:

$$Q_f = P^{N_1}$$
$$\frac{Q_{f_1}}{Q_{f_0}} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1}$$

Keterangan:

Q_{f_1} = debit air yang hilang (keluar) setelah perubahan tekanan

Q_{f_0} = debit air yang hilang (keluar) sebelum perubahan tekanan

P_1 = tekanan setelah dilakukan perubahan

P_0 = tekanan sebelum dilakukan perubahan

N_1 = eksponen kebocoran

DMA 04 Pusat yang terletak di Zona Pelayanan Pusat memiliki jumlah pelanggan bulan Agustus 2023 sebanyak 2.231 SR dan NRW sebesar 28,29% (Perumda Air Minum Kota Padang, 2023). Pendistribusian air berasal dari IPA Gunung Pangilun yang berjarak 3,1 km ke input DMA. Pengaliran air selama 24 (dua puluh empat) jam dengan menggunakan *Inline Booster Pump* (IBP). Penggunaan IBP bertujuan untuk meningkatkan

tekanan di wilayah pelayanan. Monitoring debit dan tekanan dapat dilakukan secara *online* karena terdapat sensor dan *data logger* di input DMA. Hal yang perlu diantisipasi yaitu tekanan yang tinggi dapat mengakibatkan pipa menjadi pecah sehingga terjadi kebocoran terutama pada pipa yang memiliki diameter kecil (Adedeji et al., 2017).

Pipa distribusi adalah pipa yang dimulai dari reservoir distribusi, tower distribusi, atau pipa distribusi yang mensuplai air minum di daerah pelayanan (Purwanto dkk., 2009). Pipa tersebut terdiri atas distribusi jaringan utama dan pipa distribusi yang merupakan cabang dari pipa utama dan menghubungkan dengan pipa pelayanan. Kriteria pipa distribusi diatur dalam Lampiran III Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 antara lain kecepatan aliran air dalam pipa (0,3 m/det – 0,6 m/det) dan tekanan minimum pada titik jangkauan pelayanan terjauh (0,5 atm – 1,0 atm). Proses pemilihan dalam pemodelan jaringan pipa untuk mencantumkan hanya bagian yang memiliki dampak signifikan pada sistem yaitu *skeletonization* (Methods et al., 2003). Peta jaringan pipa DMA 04 Pusat terdapat pada Gambar 1.

Gambar 1. Peta Jaringan Pipa DMA 04 Pusat



Berdasarkan Modul Air Tak Berekening, DMA bukan satu-satunya metode untuk penurunan kehilangan air, tetapi melalui metode ini dapat diketahui kehilangan air fisik dan non-fisik (Kementerian PUPR, 2018). Walaupun demikian, masih terdapat DMA yang memiliki NRW di atas 25%. Oleh karena itu, DMA yang memiliki NRW tinggi perlu dilakukan optimalisasi untuk menurunkan kehilangan air. Potensi penambahan pelanggan lebih besar diperoleh dari penanganan kehilangan air fisik dibandingkan penanganan kehilangan air non-fisik (el-Ahmady & Sembiring, 2014). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kehilangan air fisik di DMA 04 Pusat sehingga dapat diusulkan strategi yang layak secara aspek teknis dan aspek pelayanan. Berdasarkan jumlah air yang dapat diselamatkan, maka dapat diketahui potensi penambahan pelanggan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan melalui observasi sehingga diperoleh data sesuai dengan kondisi lapangan. Metode kuantitatif digunakan untuk meneliti permasalahan di lapangan yang bisa

diukur dengan angka. Pemilihan lokasi penelitian menggunakan *purposive sampling*. Pertimbangan yang digunakan dalam *purposive sampling* yaitu DMA dengan NRW di atas 25% di Zona Pelayanan Pusat. Penelitian dilakukan di bulan Agustus 2023 pada DMA 04 Pusat Perumda Air Minum Kota Padang.

1. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari lapangan meliputi pola pemakaian air, tekanan di input DMA, serta operasional pompa dan *Variable Speed Drive* (VSD). Data sekunder diperoleh dari Perumda Air Minum Kota Padang terdiri atas:

- a. Neraca Air DMA;
- b. Data pelanggan (jumlah dan lokasi pelanggan);
- c. Data konsumsi air DMA;
- d. Peta jaringan pipa distribusi (jenis, panjang dan diameter);
- e. Spesifikasi pompa dan VSD.

Data sekunder lainnya yaitu Buku Kinerja Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Tahun 2022 dan peta elevasi (DEMNAS).

2. Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan yaitu analisis deskriptif. Analisis data kualitatif yaitu observasi lapangan. Analisis data kuantitatif meliputi analisis kehilangan air, analisis hidrolis menggunakan *software* Epanet 2.2 dan analisis potensi penambahan pelanggan.

- a. Analisis DMA eksisting berdasarkan kriteria pembentukan DMA;
- b. Analisis kehilangan air berdasarkan neraca air;
- c. Analisis hidrolis menggunakan *software* Epanet 2.2; Analisis hidrolis memerlukan pemodelan jaringan. Pemodelan jaringan distribusi eksisting dengan cara menggambar jaringan DMA 04 Pusat di *software* QGIS melalui *plugin* QEpanet berdasarkan data aset pipa milik Perumda Air Minum Kota Padang.
- d. Analisis potensi penambahan pelanggan dengan mempertimbangkan jumlah air yang dapat diselamatkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

DMA 04 Pusat sudah terisolasi sempurna melalui uji isolasi atau *Zero Pressure Test* (ZPT) yang dilakukan oleh Perumda Air Minum Kota Padang. Pada bulan Agustus 2023, terdapat pelanggan sebesar 2.231 SR. Jumlah inlet yang dimiliki hanya 1 (satu) untuk mempermudah pemantauan. Pada inlet terdapat alat pengukuran debit dan tekanan yang dilengkapi *data logger* sehingga monitoring dapat dilakukan secara *real time* dan jarak jauh. Meter induk yang digunakan yaitu *electromagnetic flow meter*. Elevasi tertinggi 7,65 m, sedangkan elevasi terendah 0,17 m. DMA dibatasi oleh jalan. Berdasarkan kriteria pembentukan DMA, kondisi eksisting DMA 04 memenuhi kondisi ideal (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan Kondisi Eksisting DMA 04 Pusat terhadap Kondisi Ideal Berdasarkan Literatur

No.	Kriteria DMA	Kondisi Ideal	Kondisi Eksisting	Keterangan
1	Jumlah SR	500–3.000 SR (Farley & Trow, 2003).	2.231 SR.	Memenuhi
2	Jumlah inlet	DMA dikategorikan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu DMA <i>single</i> inlet, DMA <i>multi</i> inlet dan <i>cascading</i> DMA. DMA <i>single</i> inlet merupakan sistem ideal yang paling untuk dilakukan pemantauan (Kementerian PUPR, 2018)	<i>Single</i> inlet.	Memenuhi
3	Peralatan pengukuran debit dan tekanan	Terdapat alat pengukur debit dan tekanan di inlet (Kementerian PUPR, 2018)	Alat pengukur debit dan tekanan di inlet dilengkapi <i>data logger</i> dan sensor.	Memenuhi
4	Variasi permukaan tanah	Sebaiknya < 40 m (Permen PUPR No. 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan SPAM)	Elevasi tertinggi 7,65 m, sedangkan elevasi terendah 0,17 m.	Memenuhi
5	Batas wilayah	Menggunakan ciri topografis yaitu jalan raya, sungai, dll (Farley et al., 2008).	DMA dibatasi oleh jalan.	Memenuhi

Berdasarkan perhitungan data input neraca air DMA 04 Pusat menggunakan *software* WB-EasyCalc, konsumsi tak bermeter tak berekening terdiri atas perbaikan kebocoran dan penertiban jaringan. Tidak terdapat data untuk perhitungan konsumsi tak resmi. Konsumsi resmi berekening diasumsikan sebanyak 10% dari volume konsumsi bermeter berekening. Perhitungan kecurangan pembacaan meter sebanyak 1% dari volume konsumsi bermeter berekening. Kehilangan air di DMA 04 Pusat didominasi oleh kehilangan air fisik (Gambar 2). Hal ini dapat disebabkan oleh kebocoran pipa distribusi dan sambungan pipa pelanggan. Berdasarkan hasil pencarian kebocoran di lapangan, kebocoran paling banyak ditemukan di sambungan pipa. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan dalam pemilihan bahan dan pengawasan pelaksanaan pekerjaan. Kehilangan air non fisik di DMA 04 Pusat antara lain disebabkan oleh ketidakakuratan meter, meter melebihi usia teknis, periode pembacaan meter dan sambungan ilegal. Meter pelanggan tidak dilakukan kalibrasi, tetapi jika ditemukan meter rusak maka diganti meter baru.

Gambar 2. Neraca Air DMA 04 Pusat Bulan Agustus 2023

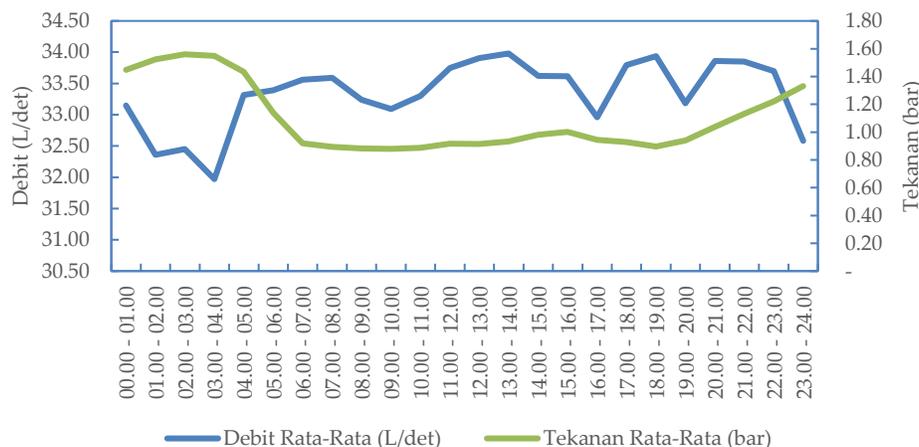
Kembali		Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening
Volume Input Sistem	89.019 [m ³] Margin Error [+/-] 0,5%	63.838 [m ³] Margin Error [+/-] 0,1%	63.838 [m ³] Margin Error [+/-] 0,1%	63.838 [m ³]
		64.098 [m ³] Margin Error [+/-] 0,1%	0 [m ³]	
		260 [m ³] Margin Error [+/-] 14,0%	0 [m ³]	
		7.738 [m ³] Margin Error [+/-] 0,1%	0 [m ³]	
		24.921 [m ³] Margin Error [+/-] 1,8%	0 [m ³]	
		17.183 [m ³] Margin Error [+/-] 2,6%	7.738 [m ³] Margin Error [+/-] 0,1%	25.181 [m ³] Margin Error [+/-] 1,8%

Sumber: Perumda Air Minum Kota Padang, 2023

Data debit dan tekanan setiap hari selama bulan Agustus 2023 dilakukan perhitungan untuk memperoleh debit dan tekanan rata-rata selama 1 (satu) bulan. Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa debit maksimum terdapat pada jam 13.00 - 14.00 WIB (33,98 L/det) dengan *peak factor* sebesar 1,02. Debit minimum terjadi pada jam 03.00 - 04.00 WIB (31,97 L/det) dengan *minimum factor* 0,96. Pada jam 08.00 - 10.00 WIB terjadi tekanan minimum (8,97 m), sedangkan tekanan maksimum berada pada jam 02.00 - 03.00 WIB (15,91 m). Indikasi kebocoran pipa yaitu ketika tekanan maksimum, tetapi debit minimum.

Volume air input dan volume air terjual di DMA 04 Pusat pada bulan Agustus 2023 yaitu 89.019 m³/bulan dan 63.838 m³/bulan. Nilai NRW merupakan selisih antara volume air input dengan volume air terjual. Oleh karena itu, nilai NRW bulan Agustus DMA 04 Pusat yaitu 25.181 m³/bulan (28,28%). Dalam analisis hidrolis, nilai kehilangan air ditambahkan ke dalam *demand multiplier* sebesar 1,28. Perhitungan *base demand* dalam masing-masing *node* dihitung dari jumlah Sambungan Rumah (SR) yang dilayani. Data titik pelanggan pada peta QGIS dibagi dengan mempertimbangkan *node* terdekat yang memungkinkan untuk dilakukan *tapping*. Jumlah sambungan rumah per *node* dikali dengan nilai rata-rata pemakaian pelanggan bulan Agustus 2023 (0,0058 L/det). Nilai debit setiap jam dibagi dengan debit rata-rata selama 24 (dua puluh empat) jam. Hasil perhitungan tersebut diinput ke dalam Epanet 2.2 sebagai *demand pattern*.

Gambar 3. Fluktuasi Debit dan Tekanan Bulan Agustus 2023 Berdasarkan Data Logger di Input DMA 04 Pusat



Spesifikasi IBP yang digunakan yaitu jenis *submersible deepwell pump* dengan debit 25 L/det, head 63 m dan rotasi 2880 rpm. Kecepatan putaran motor pompa diatur dengan menggunakan VSD. Jika tekanan sudah memenuhi titik tertinggi sesuai kebutuhan (*setting point*), maka putaran pompa akan melambat sehingga debit menjadi turun. Pengaturan kecepatan relatif dari pompa yaitu 0.99. Dalam simulasi hidrolis

menggunakan Epanet, penggunaan VSD digambarkan melalui *pattern* pompa pada *properties* pompa. *Pattern* pompa di Epanet diperoleh dengan beberapa kali percobaan untuk memperoleh *pattern* yang mendekati pola tekanan di kondisi eksisting. Hasil simulasi DMA 04 Pusat pada jam puncak dan jam minimum (kondisi eksisting) terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi DMA 04 Pusat pada Jam Puncak dan Jam Minimum

Permen PUPR No. 27 Tahun 2016		SNI 7509:2011	Hasil Simulasi Jam Puncak (13.00 – 14.00)			Hasil Simulasi Jam Minimum (03.00 – 04.00)		
Tekanan (atm)	Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)	Tekanan (atm)	Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)	Tekanan (atm)	Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)
0,5 - 8	0,3 – 4,5	< 10	0,82 – 1,74	0,01 – 1,00	0,01 -9,48	1,13 – 2,06	0,01 – 0,99	0,01 – 9,31

Tekanan rata-rata ketika jam puncak pada kondisi eksisting yaitu 14,31 m. Baik tekanan maupun *headloss* pada jam puncak memenuhi kriteria. Oleh karena itu, salah satu cara untuk pengendalian kehilangan air yaitu manajemen tekanan melalui pengaturan VSD yang terhubung dengan IBP. Pengurangan kelebihan tekanan juga dapat mengurangi biaya energi. Simulasi pengaturan kecepatan pompa dilakukan dengan menurunkan koefisien *pattern* di Epanet, tetapi tetap memenuhi kriteria minimal tekanan. Penyesuaian tersebut dilakukan per jam selama 24 (dua puluh empat) jam. Hasil simulasi DMA 04 Pusat pada jam puncak dan jam minimum setelah penyesuaian kecepatan pompa terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi DMA 04 Pusat pada Jam Puncak dan Jam Minimum Setelah Penyesuaian Kecepatan Pompa

Permen PUPR No. 27 Tahun 2016		SNI 7509:2011	Hasil Simulasi Jam Puncak (13.00 – 14.00)			Hasil Simulasi Jam Minimum (03.00 – 04.00)		
Tekanan (atm)	Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)	Tekanan (atm)	Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)	Tekanan (atm)	Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)
0,5 - 8	0,3 – 4,5	< 10	0,51 – 1,42	0,01 – 1,01	0,01 -9,65	0,55 – 1,49	0,01 – 0,95	0,01 – 8,63

Berdasarkan simulasi di Epanet dapat diketahui tekanan rata-rata atas rekomendasi yang diberikan. Hubungan tekanan dengan kehilangan air berbanding lurus. Semakin besar tekanan, maka semakin besar kehilangan air. Tekanan rata-rata eksisting DMA 04 Pusat yaitu 10,48 m, sedangkan tekanan rekomendasi yaitu 6,17 m. Penurunan tekanan sebesar 41,12%. Debit air yang hilang sebelum perubahan tekanan yaitu 25.181 m³/bulan. Hubungan pengendalian tekanan dan penurunan kehilangan air fisik dihitung dengan menggunakan metode FAVAD, yaitu sebagai berikut:

$$Q_{f1} = \left(\frac{6,17 \text{ m}}{10,48 \text{ m}}\right)^{1,14} \times 25.181 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$Q_{f1} = 13.765,31 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

Debit kebocoran DMA 04 Pusat yang semula 25.181 m³/bulan turun menjadi 13.765,31 m³/bulan sehingga kehilangan air fisik turun sebesar 11.415,59 m³/bulan (45,35%).

Konsumsi air rata-rata di DMA 04 Pusat diperoleh dengan membagi volume air terjual terhadap jumlah pelanggan aktif. Konsumsi air rata-rata pada bulan Agustus 2023, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi air rata-rata} &= \frac{\text{volume air terjual}}{\text{jumlah SR}} \\ &= \frac{63.838 \text{ m}^3/\text{bulan}}{2.231 \text{ SR}} \\ &= 28,61 \text{ m}^3/\text{SR}/\text{bulan} \end{aligned}$$

Konsumsi air di DMA 04 Pusat sebanyak 28,61 m³/SR/bulan. Berdasarkan Buku Kinerja BUMD Tahun 2022, nilai tersebut di atas konsumsi domestik pelanggan Perumda Air Minum Kota Padang Tahun 2021 (20,14 m³/SR/bulan). Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian air di DMA 04 Pusat lebih tinggi dibandingkan rata-rata pemakaian air pelanggan di wilayah lainnya di Kota Padang. Faktor yang dapat mempengaruhi jumlah konsumsi air tersebut yaitu tidak terdapat sumber air lainnya yang digunakan oleh pelanggan karena lokasi DMA ini berada di dekat pantai.

Potensi penambahan SR adalah jumlah air yang diselamatkan dibandingkan dengan konsumsi air rata-rata. Berdasarkan hasil perhitungan kehilangan air fisik setelah dilakukan manajemen tekanan, dapat diketahui potensi penambahan SR dari air yang diselamatkan pada DMA 04 Pusat, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Potensi Penambahan SR} &= \frac{\text{air yang diselamatkan}}{\text{konsumsi air rata-rata}} \\ &= \frac{11.415,59 \text{ m}^3/\text{bulan}}{28,61 \frac{\text{m}^3}{\text{SR}}/\text{bulan}} \\ &= 399 \text{ SR} \\ \text{Persentase pertumbuhan} &= \frac{\text{potensi penambahan SR}}{\text{jumlah pelanggan Bulan Agustus 2023}} \times 100\% \\ \text{pelanggan} &= \frac{399 \text{ SR}}{2.231 \text{ SR}} \times 100\% \\ &= 17,88\% \end{aligned}$$

Jika jumlah air yang diselamatkan sebanyak 11.415,59 m³/bulan, maka potensi penambahan SR di DMA 04 Pusat yaitu 399 SR atau 17,88%.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap pengendalian kehilangan air fisik di DMA 04 Pusat, maka penurunan kehilangan air fisik dapat dicapai dengan melakukan manajemen tekanan. Manajemen tekanan berupa penyesuaian (penurunan) kecepatan putaran pompa melalui VSD dengan tetap memperhatikan tekanan minimal di pelanggan yaitu 5 m. Tekanan rata-rata eksisting DMA 04 Pusat yaitu 10,48 m, sedangkan tekanan rekomendasi yaitu 6,17 m sehingga penurunan tekanan mencapai 41,12%. Kehilangan air fisik turun sebesar 11.415,59 m³/bulan (12,82%), maka potensi penambahan pelanggan yaitu 399 SR (17,88%).

DAFTAR PUSTAKA

- Adedeji, K., Hamam, Y., Abe, B., & Abu-Mahfouz, A. (2017), "Pressure Management Strategies for Water Loss Reduction in Large-Scale Water Piping Networks: A Review", *SimHydro 2017: Choosing the right model in applied hydraulics*, 14-16 June 2017, Sophia Antipolis.
- Al-Washali, T., Sharma, S., Lupoja, R., Al-Nozaily, F., Haidera, M., & Kennedy, M. (2020), "Assessment of Water Losses in Distribution Networks: Methods, Applications, Uncertainties, and Implications in Intermittent Supply", *Resource, Conservation & Recycling*, Vol. 152, No. 104515.
- Badan Standardisasi Nasional (2011), *SNI 7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum*, Jakarta.
- Divisi Distribusi (2023). *Laporan Bulan Agustus 2023 Divisi Distribusi*. Padang: Perumda Air Minum Kota Padang.
- El-Ahmady, I. I. & Sembiring, E. (2014), "Pemilihan Program Pengendalian Kehilangan Air serta Pengaruh Implementasinya terhadap Peningkatan Pendapatan PDAM", *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 20, No. 2, hal. 142-151.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., & Sigh, S, (2008), *The Manager's Non-Revenue Water Handbook*. In *A Guide to Understanding Water Losses*, Ranhill Utilities Bernhad and USAID, Malaysia.
- Farouk, A. M., Rahman, R. A., & Romali, N. S., (2021), "Non-Revenue Water Reduction Strategies: A Systematic Review", *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 12, No. 1, Hal. 181-199.
- FATMA, L. (2021). *Analisis Kandungan Sisa Klor Dan Escherichia Coli Dalam Jaringan Distribusi Di District Meter Area (DMA) 2 Zona Bukit Surungan Perusahaan Umum Daerah (PERUMDA) Air Minum Kota Padang Panjang*. Universitas Andalas.
- Figueiredo, I., Esteves, P., & Cabrita, P., (2021), "Water Wise – A Digital Water Solution for Smart Cities and Water Management Entities", *Procedia Computer Science*, Vol. 181, hal. 897-904.
- Kedeputusan Bidang Kemaritiman dan Sumber Daya Alam (2020). *Metadata Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) / Sustainable Development Goals (SDGs) Indonesia*. Jakarta Pusat: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018). *Modul Air Tak Berekening*. Jakarta Selatan: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2022). *Kinerja Badan Usaha Milik Daerah Air Minum Tahun 2022*. Jakarta Selatan: Direktorat Jenderal Cipta Karya.

- Lambert, A.O, (2002), International Report on Water Losses Management and Techniques: Report to IWA Berlin Congress, October 2001. Water Science and Technology: Water Supply, Vol 2 No 4.
- Malcolm, F., & Trow, S. (2003), Losses in Water Distribution Networks, IWA Publishing, United Kingdom.
- Methods, H., Walski, T., Chase, D., Savic, D., Grayman, W., Beckwith, S., Koelle, E. (2003), Advanced Water Distribution Modeling and Management. Haestad Press, USA.
- Mustafidah, H. (2019). Optimalisasi Tingkat Kehilangan Air PDAM Kota Mojokerto Dengan Penerapan Sistem Distric Meter Area (DMA) Ditinjau Dari Aspek Teknis, Kelembagaan Dan Finansial. *Surabaya: Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember.*
- Perusahaan Umum Daerah Air Minum Kota Padang (2022). *Company Profile Perumda Air Minum Kota Padang Tahun 2022.* Padang.
- Purwanto, B., Amelia, E., Elizabeth, S., Leli, M., Trijoko, & Loisa, E. (2009), Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Unit Distribusi, Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sekretariat Kabinet (2020). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020-2024. Jakarta.
- Thornton, J., Sturm, R., & Kunkel, G. (2008), Water Loss Control, The McGraw-Hill Companies, United States of America.
- Winarni (2011), *Manajemen Pengendalian Kehilangan Air*, Penerbit Universitas Trisakti. Jakarta: Universitas Trisakti.