

Kajian Penurunan Kehilangan Air di DMA Tamanan Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri

Reka Viola dan Alfian Purnomo

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: alfian_p@enviro.its.ac.id

Abstrak—Permasalahan umum yang paling sering terjadi pada penyediaan air minum adalah Air Tak Berekening (ATR) atau *Non-Revenue Water* (NRW). Penanggulangan besarnya nilai NRW perlu disesuaikan dengan jenis kehilangan air yang terjadi. Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri membentuk *District Meter Area* (DMA) dalam upaya menekan tingkat kehilangan air. Pembentukan DMA ini merupakan program kemitraan yang difasilitasi oleh PERPAMSI. Hasil dari program kemitraan menyatakan NRW DMA Tamanan sebesar 51,40%. Akan tetapi angka tersebut masih sangat tinggi jika dibandingkan dengan target kehilangan air nasional rata-rata 20%. Penelitian ini mengidentifikasi penyebab kehilangan air dengan melakukan penyusunan penyebab kehilangan air dengan melakukan penyusunan neraca air pada *software* WB EasyCalc dan menentukan target dan strategi dalam menurunkan kehilangan air di DMA Tamanan dengan melakukan aspek teknis. Analisis aspek teknis berfokus pada tekanan dan kecepatan aliran disimulasikan dengan *software* EPANET 2.2. Hasil dari penelitian adalah kehilangan air DMA Tamanan pada bulan November 2022 sebesar 37% dan Desember 2022 sebesar 37,3%. Sehingga target penurunan kehilangan air di DMA Tamanan adalah 17,3% dalam kurun waktu 4 tahun. Strategi penurunan kehilangan air adalah manajemen tekanan dengan pengaturan jam operasional pompa dan pemasangan PRV. Selain itu, dilakukan penggantian meter air pelanggan. Hasil strategi adalah kehilangan air dapat turun menjadi 19,9%. Jumlah air yang dapat diselamatkan dengan adanya strategi Pengendalian adalah sebesar 20.147 m³ dengan keuntungan yang didapatkan Rp25.106.680.

Kata Kunci—District Meter Area, Kehilangan Air, Perusahaan Daerah Air Minum.

I. PENDAHULUAN

KEBUTUHAN air berpengaruh dengan bertambahnya jumlah penduduk yang juga semakin besar, sehingga perlu untuk menjaga ketersediaan air. Salah satu cara menjaga ketersediaan air adalah dengan adanya Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PDAM). Permasalahan umum yang paling sering terjadi pada perusahaan air minum adalah Air Tak Berekening atau *Non Revenue Water* (NRW). Penanggulangan besarnya nilai NRW perlu disesuaikan dengan jenis kehilangan air yang terjadi [1].

NRW merupakan selisih antara jumlah total air yang mengalir ke sistem distribusi air minum (volume input sistem) dan Konsumsi resmi air yang tercatat di rekening. NRW terdiri atas jumlah air dikonsumsi tak berekening dan kehilangan air. Kehilangan air adalah selisih antara jumlah total air yang mengalir ke jaringan distribusi air minum dari sebuah instalasi pengolahan air dan Konsumsi resmi. Kehilangan air terdiri dari kehilangan air non fisik dan kehilangan air fisik. Tingginya kehilangan air fisik dapat

disebabkan oleh kebocoran pipa distribusi yang terlihat maupun tidak terlihat, kebocoran akibat *fiting* dan sambungan pipa, serta kebocoran pada pipa persil sambungan rumah hingga ke meter air pelanggan [2]. Sementara kehilangan air non fisik dapat diketahui dari perhitungan atau catatan jumlah air yang didistribusikan kepada pelanggan. Nilai kehilangan air non fisik biasanya lebih tinggi daripada kehilangan air fisik [3].

Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumda) Tirta Dhaha Kota Kediri. Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri melayani 22.496 pelanggan. Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri membentuk DMA yang difasilitasi PERPAMSI. Program ini, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya berperan sebagai mentor dan Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri berperan sebagai resipien bidang NRW. Hasil dari program kemitraan ini menyatakan bahwa DMA Tamanan turun dari 68,96% menjadi 51,40% pada 2022. Angka tersebut masih sangat tinggi jika dibandingkan dengan target kehilangan air nasional rata-rata 20% pada Peraturan Menteri PU Nomor 20 Tahun 2006.

District Meter Area (DMA) merupakan sistem jaringan distribusi yang wilayahnya terisolasi dengan menempatkan dan menutup katup isolasi pada pipa-pipa tertentu, memiliki satu input aliran dan memiliki *flow meter* di pipa penghubung sebagai pengukur aliran, serta pengukur tekanan sebagai pengontrol tekanan. Dengan terisolasinya jaringan perpipaan maka DMA dapat digunakan sebagai pendekatan desain sistem distribusi air, pengurangan kebocoran, dan pengelolaan sistem secara nyata [4]. DMA merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh satu atau beberapa meter air dan *valve*. Pembentukan DMA dapat digunakan sebagai analisis dan penyederhanaan neraca air, manajemen tekanan, dan kontrol kualitas air yang lebih baik. Selain itu, adanya DMA juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kehilangan air [5].

Penelitian ini mengkaji penurunan kehilangan air di DMA Tamanan Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri diantaranya mengidentifikasi penyebab kehilangan air dari penyusunan neraca air, penentuan target penurunan kehilangan air, dan perumusan strategi kehilangan air.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengumpulan Data Primer

1. Pola pemakaian air (*demand pattern*) yang didapatkan dari *flow meter* yang dipasang *data logger*, untuk kelengkapan data simulasi EPANET 2.2.
2. Uji akurasi meter pelanggan DMA Tamanan yang dilakukan pada 32 titik pelanggan berdasarkan SNI 05-0666 tahun 1997 tentang Persyaratan Umum Rumah Meter, dimana jika jumlah dalam kelompok berjumlah

Volume Input Sistem 23.048 m ³ Margin Error [+/-] 1,4%	Konsumsi Resmi 14.513 m ³ Margin Error [+/-] 0,0%	Konsumsi Bermeter Berekoning 14.513 m ³		Air Berekoning 14.513 m ³ 63%
		Konsumsi Resmi Berekoning 14.513 m ³ 63%	Konsumsi Tak Bermeter Berekoning 0 m ³	
		Konsumsi Resmi Tak Berekoning 0 m ³	Konsumsi Bermeter Tak Berekoning 0 m ³	
		Konsumsi Tak Resmi 75 m ³ Margin Error [+/-] 100,0%	Konsumsi Tak Resmi Tak Berekoning 0 m ³	
Kehilangan Air 8.535 m ³ Margin Error [+/-] 3,8%	Kehilangan Air Non-Fisik 2.118 m ³ Margin Error [+/-] 4,7%	Kehilangan Air Fisik 6.417 m ³ Margin Error [+/-] 5,3%	0,3%	Air Tak Berekoning 8.535 m ³ Margin Error [+/-] 3,8%
			8,86%	
			27,84%	
Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 2.043 m ³ Margin Error [+/-] 3,1%		37%		

Gambar 1. Neraca Air November 2022 Periode 30 Hari.

Volume Input Sistem 21.780 m ³ Margin Error [+/-] 1,4%	Konsumsi Resmi 13.623 m ³ Margin Error [+/-] 0,0%	Konsumsi Bermeter Berekoning 13.623 m ³		Air Berekoning 13.623 m ³ 62,7%
		Konsumsi Resmi Berekoning 13.623 m ³ 62,7%	Konsumsi Tak Bermeter Berekoning 0 m ³	
		Konsumsi Resmi Tak Berekoning 0 m ³	Konsumsi Bermeter Tak Berekoning 0 m ³	
		Konsumsi Tak Resmi 71 m ³ Margin Error [+/-] 100,0%	Konsumsi Tak Resmi Tak Berekoning 0 m ³	
Kehilangan Air 8.107 m ³ Margin Error [+/-] 3,8%	Kehilangan Air Non-Fisik 1.988 m ³ Margin Error [+/-] 7,0%	Kehilangan Air Fisik 6.119 m ³ Margin Error [+/-] 6,3%	0,35%	Air Tak Berekoning 8.107 m ³ Margin Error [+/-] 3,8%
			8,8%	
			28,15%	
Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 1.318 m ³ Margin Error [+/-] 6,3%		37,3%		

Gambar 2. Neraca Air Desember 2022 Periode 30 Hari.

501-1200 maka jumlah sampel yang dibutuhkan 32 sampel. Ketidakakuratan meter dibutuhkan dalam penyusunan neraca air.

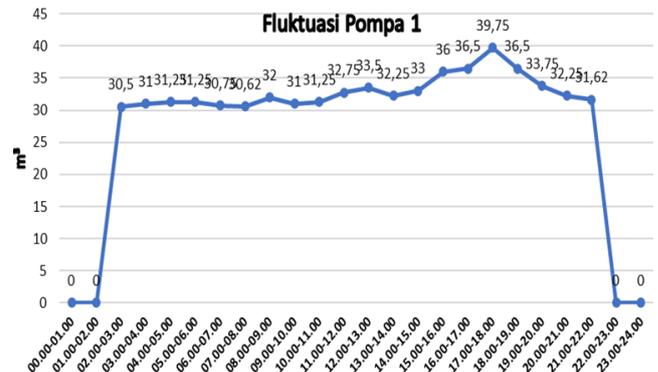
3. Survei tekanan pada jaringan pipa distribusi, untuk mengetahui kesesuaian pola simulasi dan kondisi lapangan.
4. Wawancara dengan pihak Perumda Tirta Dhaha terkait permasalahan dan operasional di wilayah pelayanan DMA Tamanan.

B. Pengumpulan Data Sekunder

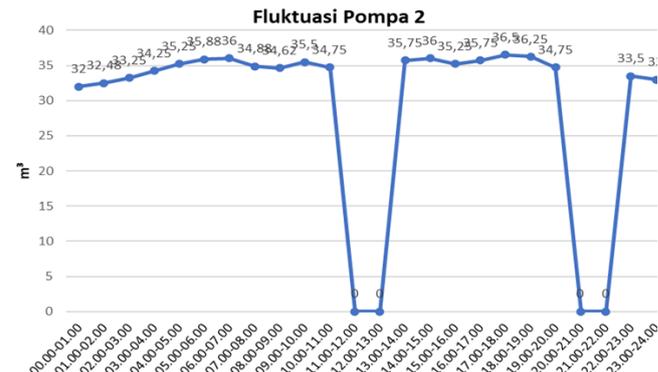
1. Peta Jaringan Distribusi Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri, untuk mendapatkan peta DMA Tamanan.
2. Data Rekening Ditagih (DRD), untuk kelengkapan penyusunan neraca air.
3. Volume Input Sistem Pompa Tamanan, sebagai kelengkapan penyusunan neraca air dan untuk data dalam simulasi pemodelan jaringan dengan EPANET 2.2.
4. Jumlah Sambungan Rumah dan Data DMA Tamanan.

C. Pengolahan Data

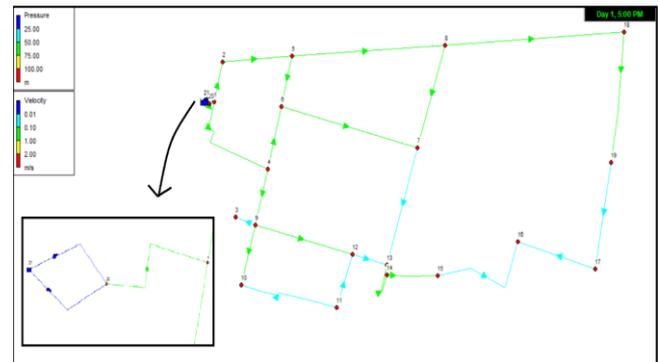
1. Perhitungan Kehilangan Air dengan Neraca Air; dilakukan dengan software WB EasyCalc versi 6.17. Langkah dalam penyusunan neraca air adalah menentukan volume input sistem yang dapat dilakukan dengan menggunakan meter induk, pelanggan, melakukan tes pada penurunan reservoir, dan analisis kurva pompa tekanan dan waktu pemompaan. Kemudian menentukan konsumsi resmi baik rekening dan tak berekening, serta Menaksir kehilangan non fisik dan menghitung kehilangan air fisik. Komponen-komponen yang diperlukan dalam penyusunan didapat dari Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri. Penyusunan neraca air selanjutnya untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab kehilangan air.
2. Penentuan Target Pengendalian Penurunan Kehilangan Air; dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri



Gambar 3. Grafik Pemakaian Air Pompa 1.



Gambar 4. Grafik Pemakaian Air Pompa 2.



Gambar 5. Tampilan Simulasi Kondisi Eksisting EPANET.

PU Nomor 20 Tahun 2006 dimana target rata-rata nasional adalah 20%.

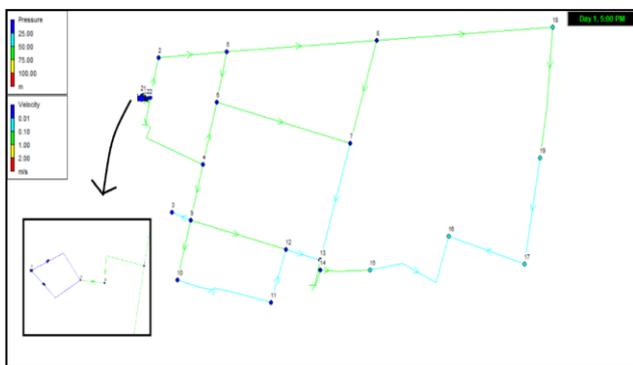
Analisis Jaringan Distribusi DMA Tamanan; analisis dilakukan dengan melakukan simulasi pemodelan jaringan dengan mengacu pada kriteria jaringan DMA. Komponen yang dianalisis adalah aspek teknis yaitu tekanan dan kecepatan aliran dengan menggunakan software EPANET 2.2. Epanet menggambarkan simulasi hidrolis dan kuantitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Kegunaan program EPANET diantaranya untuk mengetahui perkembangan dan pergerakan air termasuk degradasi unsur kimia dalam air pipa distribusi, melakukan dasar analisa berbagai macam sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi aliran air dalam pipa, analisa sisa khlor dan berbagai unsur yang lain, dan menentukan alternatif strategi Manajemen pada jaringan distribusi. Input Epanet 2.2 diantaranya pola pemakaian air, debit pelanggan, spesifikasi pompa, data diameter dan panjang pipa, serta elevasi. Sementara output dari EPANET 2.2 adalah tekanan, kecepatan aliran, dan headloss. Selanjutnya kecepatan dan tekanna dibandingkan dengan standar Peraturan Menteri PU Nomor 18 nomor 2007, yaitu

Tabel 1.
Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Kehilangan Air

Tahun	Strategi Penurunan Kehilangan Air	Target Penurunan
2024	Manajemen Tekanan	9,3%
2025	Pergantian Meter Air	3%
2026	Pergantian Meter Air	3%
2027	Pergantian Meter Air	2,1%
Jumlah		17,4%

Tabel 2.
Rekapitulasi Volume, Biaya, dan Harga Strategi

Tahun	Volume Air Selamat (m ³)	Biaya Pengendalian	Harga Air Selamat
2024	7.079	Rp32.300.000	Rp55.626.720
2025	4.836	Rp19.899.000	Rp20.554.530
2026	4.836	Rp19.899.000	Rp20.554.530
2027	3.395	Rp13.959.000	Rp14.427.900
Jumlah	20.147	Rp86.057.000	Rp111.163.680



Gambar 6. Tampilan Simulasi EPANET Manajemen Tekanan.

kecepatan aliran minimal 0,3-6 m/detik dan kecepatan aliran maksimal untuk pipa PVC adalah 3-4,5 m/detik. Sementara nilai tekanan sesuai standar adalah tekanan minimal 0,5-1 atm pada titik terjauh dan tekanan maksimal 6-8 atm untuk pipa PVC.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kondisi Eksisting DMA Tamanan

DMA Tamanan Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri memiliki pelanggan aktif sebanyak 966 SR. Wilayah DMA Tamanan meliputi Desa Tamanan, Campurejo, Banjarmlati, Bandar Kidul, dan Lirboyo. DMA Tamanan terbentuk pada tahun 2022. Awalnya jaringan distribusi interkoneksi dalam zona barat Sungai Brantas. Sehingga dalam pembentukan DMA dilakukan pemasangan katup (*valve*) untuk membatasi dalam 1 zona pelayanan saja. Operator pompa di DMA Tamanan masih melakukan secara manual. Kebutuhan air di DMA Tamanan dipasok oleh 2 pompa dengan tipe *submersible pump*. Kedua pompa ini akan terakumulasi outletnya pada 1 input pipa saja. Pompa 1 dan pompa 2 dengan merk Grundfos. Pompa 1 memiliki daya 7,5 kW dan pompa 2 memiliki daya 5,5 kW. Masing-masing pompa memiliki *head* 60 m dan *flow* 10 L/detik. Dalam pelayanan, operasional, dan *maintenance* pihak Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri menyesuaikan dengan pengalaman selama di lapangan. Dalam pengawasan tekanan di jaringan pelayanan, pihak Perumda Tirta Dhaha juga memasang manometer pada

pipa distribusi di beberapa titik pelayanan. Terdapat 7 titik pemasangan manometer di pipa jaringan yang dapat dilihat secara jelas.

Selama penelitian, didapatkan data sekunder terkait pelanggan dan jaringan DMA Tamanan dari bulan November 2022 sampai Desember 2022. Data inilah yang akan dianalisis sebagai pembahasan terkait Kajian Penurunan Kehilangan Air di DMA Tamanan Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri.

B. Penyusunan Neraca Air

Dalam penyusunan neraca air dapat diperlukan beberapa data diantaranya volume input sistem, data pemakaian air pelanggan, ketidakakuratan meter, tekanan rata-rata di pelanggan, dan data panjang pipa. Selain itu, juga diperlukan data kehilangan air fisik. Data ketidakakuratan meter air pelanggan dari 32 titik pelanggan menunjukkan 24 sampel akurat, 6 sampel mencatat air lebih rendah, dan 8 sampel tidak akurat, dimana 2 sampel mencatat air lebih tinggi. Dalam penyusunan neraca air digunakan sampel tidak akurat dengan mencatat air lebih rendah. Perhitungan ketidakakuratan meter berdasarkan jumlah selisih volume ukur dari meter air yang mencatat air lebih rendah.

Hasil survei juga dikelompokkan berdasarkan umur meter air pemasangan awal. Umur meter air dikelompokkan menjadi 3, kurang dari 10 tahun, 10-15 tahun, dan lebih dari 15 tahun. Meter air yang paling banyak tidak akurat adalah dengan kelompok umur meter lebih dari 15 tahun dengan tahun awal pemasangan 2006.

Berdasarkan survei akurasi meter, 6 pelanggan tidak akurat dengan mencatat air lebih rendah sebesar 26 L. Kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$\% \text{akurasi meter tidak akurat} = \frac{26 \text{ L}}{320 \text{ L}} \times 100\% = 8,1\% \quad (1)$$

Margin error pada kecurangan baca meter diasumsikan 5% karena pembacaan meter air masih dilakukan secara manual [6]. Sementara untuk nilai volume input sistem bulan November 2022 adalah 23.048 m³ dan Desember 2022 adalah 21.730 m³. Nilai margin error volume input sistem adalah 2% karena pencatatan dilakukan dengan meter air. Tekanan rata-rata pada pelanggan adalah 0,5 m. untuk panjang rata-rata

pipa dinas adalah 5 meter. Setelah data-data dimasukkan pada *software* WB EasyCalc, hasil penyusunan neraca air dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Nilai kehilangan air fisik pada bulan November 2022 adalah 27,84% dan bulan Desember adalah 28,18%. Sementara kehilangan air non fisik pada bulan November 2022 sebesar 9,16% dan bulan Desember 2022 sebesar 9,15%.

Persentase kehilangan air di DMA Tamanan meningkat dari 37% pada bulan November menjadi 37,3% pada bulan Desember. Dengan meningkatnya nilai kehilangan air, maka mengindikasikan penyebab-penyebab kehilangan air masih belum terselesaikan.

C. Analisis Pola Pemakaian Air

DMA Tamanan disuplai dengan 2 pompa. Pompa 1 menyala pada pukul 02.00-22.00 WIB. Sementara pompa 2 hidup pada 13.00-20.00 WIB dan 23.00-10.00 WIB. Pola pemakaian air dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

D. Analisis Aspek Teknis dengan EPANET 2.2

Kondisi eksisting sistem distribusi jaringan di DMA Tamanan disimulasikan dengan EPANET 2.2 untuk mengetahui keadaan jaringan pipa (lihat Gambar 5). Analisis aspek teknis berfokus pada tekanan dan kecepatan aliran. Hasil dari simulasi jaringan distribusi dengan *software* EPANET 2.2 menunjukkan bahwa pompa 1 tertutup pada pukul 02.00 WIB, 05.00 WIB, 06.00 WIB, dan 07.00 WIB, sedangkan pompa 2 tertutup pada pukul 13.00 WIB dan 17.00 WIB. Hal ini dikarenakan sistem membutuhkan tenaga yang melebihi head pompa untuk mengalirkan air. Selain itu, pompa tertutup secara otomatis dapat disebabkan karena sistem beroperasi di luar jangkauan kurva pompa.

Nilai kecepatan pada jaringan kondisi eksisting diantara 0,000002-0,58 m/detik. Nilai *velocity* bernilai kecil karena pada jam-jam tertentu tidak ada pemakaian air sehingga aliran air diam. Tekanan pada jaringan perpipaan DMA Tamanan memiliki nilai yang tinggi dengan nilai tekanan tertinggi adalah 153,98 m dan nilai tekanan terendah adalah 102,15 m. Tingginya nilai tekanan diakibatkan adanya 2 pompa dengan tenaga tinggi yang beroperasi pada DMA Tamanan. Selain itu, nilai tekanan yang tinggi mengindikasikan nilai kebocoran yang tinggi [7]. Operasional dan *maintenance* dalam pelayanan DMA Tamanan dilakukan berdasarkan pengalaman lapangan. Sebelumnya pihak Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri juga belum pernah melakukan analisis hidrolika pada jaringan perpipaan.

E. Hasil Manajemen Tekanan

Sebelum dilakukan manajemen tekanan pada simulasi pemodelan jaringan, dilakukan simulasi dengan suplai hanya dari pompa 1 atau dengan hanya pompa 2. Saat jaringan hanya disuplai dengan pompa 1, hasil simulasi menunjukkan *negative pressure* pada pukul 23.00 WIB, 24.00 WIB, 00.00 WIB, dan 01.00 WIB. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan hanya menghidupkan pompa 2. Hasil simulasi menunjukkan tekanan mengalami *negative pressure* pada pukul 11.00 WIB, 12.00 WIB, 20.00 WIB, dan 21.00 WIB. Selain itu hasil simulasi juga menghasilkan pompa tertutup karena tidak dapat mengalirkan air. Kondisi ini dapat terjadi karena sistem membutuhkan tenaga yang melebihi head pompa atau sistem beroperasi di luar jangkauan kurva pompa.

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan jaringan dari kondisi eksisting DMA Tamanan (lihat Gambar 6). Pompa 2 dan pompa 1 tertutup dalam beberapa periode waktu karena tidak dapat mengalirkan air. Sehingga jam operasional pompa diatur terlebih dahulu agar hasil *running* sistem jaringan perpipaan DMA Tamanan pada *software* EPANET 2.2 berhasil (*success*). Setelah melakukan simulasi sampai status berhasil, didapatkan jam operasional pompa 1 terbuka pada pukul 02.00 – 22.00 WIB dan pompa 2 terbuka pada pukul 23.00 – 02.00 WIB dengan kecepatan relative pompa 2 adalah 0,5. Pengaturan kecepatan dengan pemasangan *Variable Speed Drive* (VSD).

Jaringan perpipaan dengan pengaturan jam operasional pompa masih memiliki nilai tekanan yang tinggi secara keseluruhan. Sehingga dilakukan manajemen tekanan yang dimulai dari input jaringan distribusi. Dilakukan pemasangan *Pressure Reducing Valve* (PRV) untuk mengurangi tekanan berlebih. Dipasang PRV dengan nilai *setting* 11 m pada pipa setelah input. Umumnya PRV diletakkan di dalam satu DMA bersanding dengan meter air. PRV harus dipasang setelah meter air sehingga turbulensi dari *valve* tidak berpengaruh pada keakuratan meter.

Setelah dilakukan pemasangan PRV, nilai tekanan sesuai dengan standar Permen PU Nomor 18 Tahun 2007 yaitu dengan nilai tekanan antara 10,92 m – 28 m. Sementara nilai kecepatan menyesuaikan dengan pola pemakaian air di DMA Tamanan, yaitu mulai pukul 02.00 WIB – 21.00 WIB nilai kecepatan aliran diantara 0,02 m/detik – 0,32 m/detik dengan kecepatan pada pipa antara input dan PRV sebesar 0,58 m/detik. Sementara diantara pukul 22.00 WIB – 01.00 WIB nilai kecepatan sangat rendah yaitu 0,0000001 m/detik – 0,0003 m/detik. Hal itu dikarenakan pemakaian pada malam hari pelanggan rendah sehingga aliran sangat rendah, yaitu antara 0,000001 – 0,002 L/detik.

F. Identifikasi Penyebab Kehilangan Air

Kehilangan air non fisik disebabkan oleh ketidakakuratan meter pada meter pelanggan dan adanya sambungan tak resmi. Kehilangan air non fisik di wilayah pelayanan DMA Tamanan paling besar disebabkan oleh keakuratan meter air. Berdasarkan survei lapangan, tingkat akurasi meter air pelanggan DMA Tamanan sebesar 8,1%. Hasil data meter air yang tidak akurat diklasifikasikan berdasarkan umur meter air. Persentase ketidakakuratan meter paling banyak dengan umur meter air lebih dari 15 tahun, dimana awal tahun pemasangan pada tahun 2006.

G. Target Penurunan Kehilangan Air

Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri belum memiliki target penurunan nilai kehilangan air. Penurunan kehilangan air berdasarkan pada target kehilangan air nasional rata-rata 20% sesuai dengan Peraturan Menteri PU No. 20 Tahun 2006. Sehingga target penurunan kehilangan air sebesar 17,3%.

H. Strategi Penurunan Kehilangan Air

Dalam mencapai target penurunan kehilangan air menjadi 20%, disusun strategi penurunan kehilangan air dengan melakukan perhitungan persentase penurunan, pembiayaan, dan keuntungan baik dari manajemen tekanan dan penggantian meter air pada pelanggan.

1) *Penurunan Kehilangan Air dengan Jam Operasional Pompa*

Pengaturan jam operasional pompa dengan menyalakan pompa 1 pada 02.00 WIB – 22.00 WIB dan pompa 2 pada 23.00 WIB – 02.00 WIB (dengan kecepatan 0,5). Hasil jumlah debit dari jam operasional pompa adalah 705,9 m³/hari atau setara 21.179,28 m³/bulan. Dengan harga air m³/bulan adalah Rp4.250. persentase air yang dapat diselamatkan adalah 2,6% dengan jumlah air yang selamat adalah 550,72 m³/bulan. Harga air selamat dalam 1 tahun adalah Rp28.086.720.

Biaya pembelian VSD untuk mengatur kecepatan relatif pompa adalah Rp5.300.000.

2) *Penurunan Kehilangan Air dengan Pemasangan PRV*

Dalam perhitungan kebocoran dengan tekanan, dapat menggunakan rumus *Fix And Variable Area Discharge* (FAVAD). Air yang terselamatkan dapat diketahui dengan persamaan:

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \quad (2)$$

- L0 : Debit Kebocoran Eksisting
- L1 : Debit Kebocoran Setelah Manajemen Tekanan
- P1 : Tekanan Rata-rata Setelah Manajemen Tekanan
- P0 : Tekanan Rata-rata Eksisting
- N1 : Faktor Skala

Manajemen tekanna dengan PRV setara dengan *background leakage* sehingga N1=1,5 [8].

Volume air yang dapat diselamatkan adalah sebesar 540 m³/bulan dengan harga air yang selamat adalah Rp27.540.000. Persentase air yang selamat dari pemasangan PRV adalah 6,7%. Biaya pembelian PRV adalah Rp27.000.000.

1. Air Terselamatkan denagn Pergantian Meter Aair Pelanggan

Dengan persentase ketidakakuratan meter adalah 8,1% dimana air yang tidak akurat DMA Tamanan adalah 6,02 m³/bulan. Dengan jumlah sampel tidak akurat 6 sampel dari 32 sampel. Jumlah meter air yang diganti adalah dengan perbandingan jumlah meter air tidak akurat dibandingkan dengan jumlah keseluruhan meter air yang diuji.

$$= \frac{6}{32} \times 966 \text{ pelanggan} = 181 \text{ pelanggan} \quad (2)$$

Volume air yang dapat diselamatkan dengan mengganti 181 pelanggan adalah 1.089,6 m³/bulan. Dalam menurunkan kehilangan air DMA Tamanan dilakukan penggantian 181 pelanggan. Harga Air yang diselamatkan dalam 1 tahun adalah Rp20.568.300. Biaya pembelian untuk 1 meter air adalah Rp297.000. Sehingga harga 181 pelanggan adalah Rp53.757.000. Penggantian 181 meter air pelanggan dilakukan bertahap karena banyaknya jumlah meter air yang diganti. Penurunan air direncanakan dalam penggantian meter air pelanggan dari 8,1% direncanakan terbagi menjadi 3%, 3%, dan 2,1 %.

a. Perhitungan penurunan kehilangan air 3% dengan ganti meter:

$$\text{Jumlah meter air pelanggan yang harus diganti penurunan } 3\% = \frac{3\%}{8,1\%} \times 181 \text{ pelanggan} = 67 \text{ pelanggan} \quad (3)$$

Volume air selamat,
 = 67 pelanggan x pemakaian rata-rata
 = 67 pelanggan x 6,02m³/bulan/pelanggan
 = 403,3 m³/bulan

Biaya ganti meter air = 67 x Rp297.000 = Rp19.899.000

Harga air selamat 1 tahun = Rp4.250 x 403,3 m³/bulan x 12
 = Rp20.568.300

b. Perhitungan penurunan kehilangan air 2,1% dengan ganti meter:

Jumlah meter pelanggan yang harus diganti penurunan 2,1%

$$= \frac{2,1\%}{8,1\%} \times 181 \text{ pelanggan} = 47 \text{ pelanggan} \quad (4)$$

Volume air selamat
 = 47 pelanggan x pemakaian rata-rata
 = 47 pelanggan x 6,02 m³/bulan/pelanggan
 = 282,94 m³/bulan

Biaya ganti meter air = 47 x Rp297.000 = Rp13.959.000

Harga air selamat 1 tahun = Rp4.250 x 282,94 m³/bulan x 12
 = Rp14.429.940

Sehingga jumlah meter air yang harus diganti secara bertahap adalah 67 meter (penurunan kehilangan air 3%), 67 meter (penurunan kehilangan air 3%), dan 47 meter (penurunan kehilangan air 2,1%).

Strategi dalam menurunkan kehilangan air direncanakan dalam waktu 4 tahun untuk menurunkan kehilangan air hingga 19,9%. Terdapat tahapan dalam pergantian meter air dikarenakan banyaknya jumlah meter yang diganti. Rekapitulasi pengendalian penurunan kehilangan air dapat dilihat pada Tabel 1.

Manajemen tekanan dengan pengaturan jam operasional pompa dan pemasangan PRV dilakukan pada tahun pertama (2024) karena memprioritaskan penyebab nilai kehilangan air yang paling besar adalah kehilangan air fisik. Selanjutnya dilakukan pergantian meter air secara bertahap dari tahun ke tahun dalam kurun waktu 3 tahun dengan mempertimbangkan biaya pengendalian. Berdasarkan Tabel 1, Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri dapat menurunkan kehilangan air dari 37,3% menjadi 19,9% dalam kurun waktu 4 tahun. Hal ini menandakan target penurunan kehilangan air tercapai. Berdasarkan Tabel 2, jumlah air yang dapat diselamatkan dengan adanya strategi pengendalian adalah sebesar 20.147 m³ dengan keuntungan yang didapatkan Rp25.106.680.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari kajian penurunan kehilangan air ini nilai kehilangan air DMA Tamanan pada Bulan November 2022 sebesar 37% dan Bulan Desember 2022 sebesar 37,3%. Penyebab kehilangan air yang paling besar adalah kehilangan air fisik.

Target kehilangan air direncanakan adalah 17,3% dalam kurun waktu 4 tahun. Sedangkan, strategi kehilangan air yang telah dirumuskan, Pengendalian penurunan kehilangan air dapat menurunkan 17,4% dari 37,3%. Nilai kehilangan air setelah dilakukan strategi pengendalian menjadi 19,9%. Volume air yang dapat diselamatkan dalam kurun waktu 4 tahun adalah 20.147 m³ dengan keuntungan yang didapatkan Rp25.106.680. Strategi yang dilakukan untuk menurunkan kehilangan air fisik adalah manajemen tekanan dengan

pengaturan jam operasional pompa dan pemasangan *Pressure Reduce Valve* (PRV). Sementara, kehilangan air non fisik diturunkan dengan penggantian meter air pelanggan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada segenap pihak dari Perumda Tirta Dhaha Kota Kediri atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Yekti, I. B. G. P. Pratama, and I. B. N. Purbawijaya, "Mitigasi Non Revenue Water (NRW) sistem jaringan distribusi pada District Meter Area (DMA) zona Kota Blahbatuh PDAM Gianyar," *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, vol. 25, no. 2, pp. 180–190, 2019, doi: 10.14710/MKTS.V25I2.23619.
- [2] E. Ociepa, M. Mrowiec, and I. Deska, "Analysis of water losses and assessment of initiatives aimed at their reduction in selected water supply systems," *Water (Basel)*, vol. 11, no. 5, 2019, doi: 10.3390/w11051037.
- [3] Z. A. Rozaq and R. Iqbal, "Optimalisasi jaringan distribusi air minum menggunakan penerapan District Meter Area (DMA) pada PDAM Kabupaten Pasmabar Unit Simpang Ampek," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 25, no. 2, pp. 19–32, Oct. 2019, doi: 10.5614/j.tl.2019.25.2.2.
- [4] S. Alvisi and M. Franchini, "A procedure for the design of district metered areas in water distribution systems," *Procedia Eng*, vol. 70, pp. 41–50, Jan. 2014, doi: 10.1016/J.PROENG.2014.02.006.
- [5] A. Di Nardo, M. Di Natale, G. F. Santonastaso, V. G. Tzatchkov, and V. H. Alcocer-Yamanaka, "Water network sectorization based on graph theory and energy performance indices," *J Water Resour Plan Manag*, vol. 140, no. 5, pp. 620–629, May 2014, doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000364.
- [6] Hetek Solutions Inc., "City of Guelph IWA/AWWA Water Audit and Water Balance 2006 & 2007 Reports," 2008.
- [7] B. Charalambous, D. Foufeas, and N. Petroulias, "Leak detection and water loss management," *Water Utility Journal*, vol. 8, pp. 25–30, 2014.
- [8] F. Widyanto, "Evaluasi DMA dan Rencana Pengembangan Jaringan DMA di PDAM Tirta Kahuripan Kabupaten Bogor," Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2021.