



Studi Penambahan Pressure Reducing Valve (PRV) dalam Upaya Penurunan Air Tak Berekening (ATR) di PERUMDAM Lawu Tirta Kabupaten Magetan

Study of the Addition of Pressure Reducing Valve (PRV) in an Effort to Reduce Non-Revenue Water (ATR) in PERUMDAM Lawu Tirta Magetan

Rino Dwisadi^a, Raden Denisio Edwin Rikarda^a, Dian Wahyu Khaulan Novianto^{a1}

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Dari tahun 2021 hingga 2024, Perumdam Lawu Tirta Kabupaten Magetan berpartisipasi dalam Program Hibah Air Minum Berbasis Kinerja (HAMBK). Dari berbagai indikator kinerja yang dinilai, indikator teknis yang paling diprioritaskan untuk peningkatan kinerja adalah pengurangan kebocoran atau Air Tak Berekening (ATR). Fokus pada peningkatan kinerja ATR akan berdampak langsung pada peningkatan pendapatan dan kontinuitas aliran. Air Tak Berekening adalah kehilangan air yang terjadi setelah air diproduksi dan dimasukkan ke dalam sistem tetapi tidak sampai ke konsumen. Kehilangan ini dapat dihitung dan diukur, tetapi tidak dapat dicatat sebagai pendapatan. Secara sederhana, volume kehilangan air dihitung dengan mengukur volume air yang didistribusikan dikurangi volume air yang terjual atau tercatat dalam rekening air. Pada bulan baseline juli 2022 Tingkat kebocoran aktif di Sektor Srgo mencapai 55% Sektor Kalpataru 69% dan Sektor Candi Selatan 52% . hal tersebut tentu saja menjadi fokus utama peningkatan kinerja PERUMDAM Lawu Tirta dengan melakukan berbagai upaya yang dapat menurunkan kebocoran atau Air Tak Berekening (ATR). penambahan PRV sebanyak 6 buah dengan rincian: +1 PRV di WM2 Srgo – Kalpataru, +1 PRV di WM6 Srgo – Timor, +1 di WM10 Kalpataru – Kresno, +2 PRV di WM11 Kalpataru – srikandi, +1 PRV di WM14 Candi Selatan, dinilai efektif dan signifikan menurunkan nilai ATR hingga mencapai 0 – 67% dan aliran menjadi stabil.

Kata kunci: Pressure Reducing Valve, Air Tak Berekening (ATR), Tekanan.

ABSTRACT

since 2021 to 2024, Perumdam Lawu Tirta Magetan participates in Performance-Based Grant Program (HAMBK). From various performance indicators that assessed, the most prioritized technical indicator for performance improvement is the reduction of water leakage or Non-Revenue Water (NRW). A focus on improving ATR performance will have a direct impact on increasing revenue and flow continuity. Non-Revenue Water is water loss that occurs after water is produced and introduced into the system but does not reach the consumer. These losses can be calculated and measured, but cannot be recorded as revenue. In simple terms, the volume of water loss is calculated by measuring the volume of water distributed minus the volume of water sold or recorded in water accounts. In the baseline month of July 2022 the active leakage rate in the Srgo Sector reached 55% Kalpataru Sector 69% and Candi Selatan Sector 52%. this is of course the main focus of improving PERUMDAM Lawu Tirta's performance by making various efforts that can reduce leakage or Non-Recorded Water (ATR). the addition of 6 PRVs with details: +1 PRV in WM2 Srgo - Kalpataru, +1 PRV in WM6 Srgo - Timor, +1 in WM10 Kalpataru - Kresno, +2 PRV in WM11 Kalpataru - srikandi, +1 PRV in WM14 South Candi, is considered effective and significant in reducing the ATR value to reach 0 - 67% and the flow becomes stable.

¹ Email: rinodwisadi.ft@unej.ac.id (Rino Dwi Sadi), rdenisio@unej.ac.id (Raden Denisio Edwin Rikarda), 231911101012@mail.unej.ac.id (Dian Wahyu Khaulan Novianto)

Keywords: Pressure Reducing Valve, Non Revenue Water (NRW), Pressure.

PENDAHULUAN

Dalam Sadi, R. D. 2023, Dari tahun 2021 hingga 2024, Perumdam Lawu Tirta Kabupaten Magetan berpartisipasi dalam Program Hibah Air Minum Berbasis Kinerja (HAMBK) yang diselenggarakan oleh Direktorat Air Minum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR), bekerja sama dengan Pemerintah Australia. Dalam program ini, pemerintah memberikan hibah berdasarkan peningkatan kinerja PDAM, yang dinilai berdasarkan beberapa indikator utama seperti Rencana Bisnis (RB), Rasio Operasi (RO), Efektivitas Penagihan (EP), Air Tak Berekening (ATR), Efisiensi Energi (EE), Kontinuitas Aliran (KA), dan Kualitas Air (KuA). Setiap indikator ini memiliki penilaian kinerja, dan peningkatan kinerja akan dihitung sebagai hibah yang diberikan oleh pemerintah melalui Kementerian Keuangan. Indikator yang diikuti oleh PERUMDAM Lawu Tirta hanya mencakup beberapa aspek, seperti Rencana Bisnis (RB), Rasio Operasi (RO), Air Tak Berekening (ATR), dan tambahan hibah untuk COVID, Perubahan Iklim (CC), serta RPAM. Dari berbagai indikator kinerja yang dinilai, indikator teknis yang paling diprioritaskan untuk peningkatan kinerja adalah pengurangan kebocoran air pada Air Tak Berekening (ATR). Fokus pada peningkatan kinerja ATR akan berdampak langsung pada peningkatan pendapatan dan kontinuitas aliran. Air Tak Berekening adalah kehilangan air yang terjadi setelah air diproduksi dan dimasukkan ke dalam sistem tetapi tidak sampai ke konsumen (Yekti, M. I., et al 2019). Kehilangan ini dapat dihitung dan diukur, tetapi tidak dapat dicatat sebagai pendapatan. Secara sederhana, (Ahmed, Z. Y. 2024) volume kehilangan air dihitung dengan mengukur volume air yang didistribusikan dikurangi volume air yang terjual atau tercatat dalam rekening air. Di Kabupaten Magetan, dilakukan isolasi jaringan atau District Metering Area (DMA) di empat sektor: Sektor Srogo, Sektor Candi Utara, Sektor Kalpataru, dan Sektor Candi Selatan. Setiap sektor memiliki beberapa alat ukur debit Water Meter Induk dengan total 14 DMA. Pada bulan baseline juli 2022 Tingkat kebocoran aktif di Sektor Srogo mencapai 55% Sektor Kalpataru 69% dan Sektor Candi Selatan 52% . hal tersebut tentu saja menjadi fokus utama peningkatan kinerja PERUMDAM Lawu Tirta dengan melakukan berbagai upaya yang dapat menurunkan kebocoran atau Air Tak Berekening (ATR). Beberapa upaya yang dilakukan (Chandaeng, S.2024) (Ngueyim Nono, K. J., et al 2024) seperti uji *Step Test*, penggantian *Water Meter* pelanggan, penggantian pipa berbahan *galvanis* dan lain – lain telah dilakukan. pada penelitian ini akan dilakukan studi penambahan alat *Pressure Reducing Valve* (PRV) yang diharapkan dapat menstabilkan *flow* didalam pipa dan menurunkan kebocoran secara signifikan.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan Data Primer diperoleh secara langsung dengan mengikuti program Hibah Air Minum Berbasis Kinerja (HAMBK) sebagai Konsultan Pendamping Perumdam Lawu Tirta Kabupaten Magetan. Sementara itu, Data Sekunder diperoleh dari Perumdam Lawu Tirta dan Pedoman Pengelolaan Program HAMBK yang diterbitkan oleh Direktorat Air Minum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR).

Analisa data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi : Analisa zona pelayanan, Analisa jaringan perpipaan, Analisa topografi, Analisa Daftar Rekening Ditagih (DRD), Analisa Bacaan alat Water Meter yang Digunakan, Analisa monitoring bulanan data logger dan Analisa upaya yang dilakukan dalam rangka penurunan kehilangan air.

Lokasi Penelitian

Dalam artikel ini akan dibahas simulasi penambahan PRV di Sektor Srogo, Kalpataru dan Candi Selatan sebagai upaya prioritas dalam penanganan ATR di PERUMDAM Lawu Tirta Kab. Magetan.

Sistem Distribusi

Sistem Distribusi Sektor Srogo, Kalpataru dan Candi Selatan berada di pusat kota Kabupaten Magetan dimana lokasinya di kaki Gunung Lawu, *Reservoir* atau Bangunan Tampungan Airnya setinggi 3 meter dengan rincian Head masing – masing pelayanan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Rata – rata head pelayanan

Bangunan Tampungan Air (BTA)	Head BTA (mdpl)	pelayanan	Rata – rata Head pelayanan (m)
Sektor srogo WM2	437	Kalpataru	40
Sektor Srogo WM6	437	Timor	32
Sektor Kalpataru WM10	392	Kresno	30
Sektor Kalpataru WM11	392	Srikandi	15
Sektor Candi Selatan WM14	422	Candi Selatan	40

Perhitungan Air Tak Berekening (ATR)

Secara sederhana perhitungan ATR ditetapkan dengan rumus :

$$Volume\ ATR\ (m^3) = \frac{Volume\ Air\ Produksi\ (m3)}{Distribusi\ (m3) - Volume\ Air\ Terjual\ (m3)} \tag{1}$$

Simulasi Aliran kontinyu

Simulasi Hidraulik sistem distribusi air minum di wilayah studi dilakukan dengan menggunakan software EPANET, secara umum software EPANET beroperasi dengan asumsi “Demand-Driven” yaitu nodal diberi nilai *demand* tetap kemudian mencari nilai tekanan pada nodal dengan konsistensi hidraulik sesuai kebutuhan sistem. Gajbhiye, A et al (2017) menghitung kehilangan head hidraulik di dalam pipa menggunakan rumus Hazen-William

$$h_f = 10,69 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * L * D^{-4,87} \tag{2}$$

Dimana h_f = headloss (m), L = panjang pipa (m), D = diameter pipa (m), Q debit aliran dalam pipa (m³/detik), dan C = Koef. Hazen-William atau Koefisien Kekasaran.

Metode permintaan nodal

Pemberian nilai demand pada nodal diasumsikan dengan rumus:

$$Demand\ perSL\ (lps) = \frac{0,00926 * Volume\ Air\ (m3/bln)}{Sambungan\ Layanan} \tag{3}$$

Parameter Teknis

Untuk parameter teknis kuantitas aliran, diasumsikan bahwa nilai yang akan dihasilkan pada nodal adalah Pressure (bar) = 0,5 – 3, Jayanti, A. R et al (2019) menentukan nilai kecepatan antara 0,3 m/s hingga 4,5 m/s. Klingel, P et al (2015) dan parameter lain yang membuat aliran menjadi stabil

Pressure Reduction Valve (PRV)

PRV mampu menstabilkan tekanan didalam pipa (Nuartha et al, 2016), PRV di setting pada 0,5 bar dengan teori bahwa tekanan kondisi sebelum PRV dapat direduksi 0-80% setelah melewati PRV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Sambungan Layanan (Data DRD)

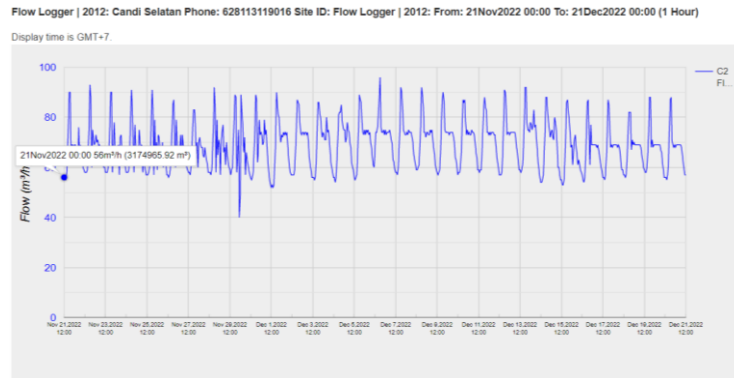
Pemisahan data DRD Wilayah Pelayanan Cabang 1 dan Cabang 7 terhadap wilayah DMA Sektor Srogo, Klapataru dan Candi Selatan harus dilakukan dan dipastikan sesuai dengan jumlah Sambungan Rumah yang dilayani oleh sistem Jaringan Distribusi. berikut hasil analisa jumlah pelanggan di DMA Sektor Srogo, Klapataru dan Candi Selatan:

Tabel 2 Jumlah Sambungan Layanan pada Bulan Monitoring

No.	Zona / SPAM	Baseline	Bulan Monitoring											
		Jul'22	Ags'22	Sep'22	Okt'22	Nov'22	Des'22	Jan'23	Feb'23	Mar'23	Apr'23	Mei'23	Jun'23	Jul'23
1	Sektor srogo WM2	220	219	220	221	220	220	221	222	223	223	223	223	223
2	Sektor Srogo WM6	390	391	390	389	389	389	391	389	393	394	393	390	394
3	Sektor Kalpataru WM10	819	816	817	819	820	817	818	818	818	815	814	817	820
4	Sektor Kalpataru WM11	683	681	684	690	690	691	688	689	692	693	691	691	692
5	Sektor Candi Selatan WM14	1.011	1.011	1.010	1.009	1.009	1.011	1.010	1.011	1.005	1.005	1.007	1.006	1.004

Volume Air Distribusi (*Print Out Logger*)

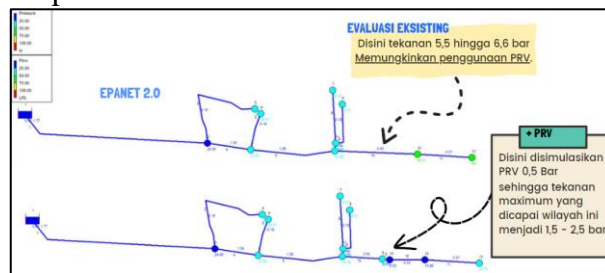
Print out data logger dapat diakses melalui laman <https://identity.hwmonline.com/> untuk mengunduh data debit distribusi dalam pencatatan tiap 10 menit selama periode monitoring. Berikut contoh *printout data logger* yang didapatkan dengan hasil pembacaan normal dan *printout data logger* yang tidak terekam atau anomali dan perlu dilakukan perbaikan data.



Gambar 1 printout data logger

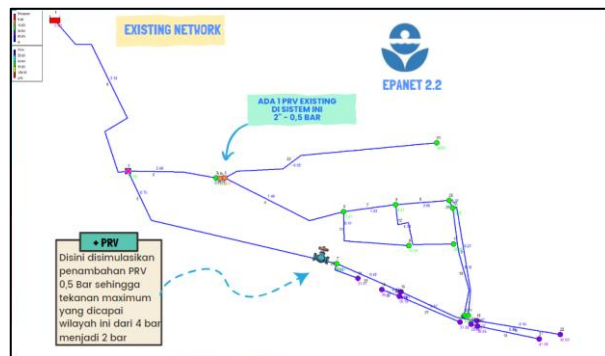
Simulasi penempatan PRV dan hasil penurunan Tekanan sebelum dan sesudah penambahan PRV

Sektor srogo WM2 – Kalpataru



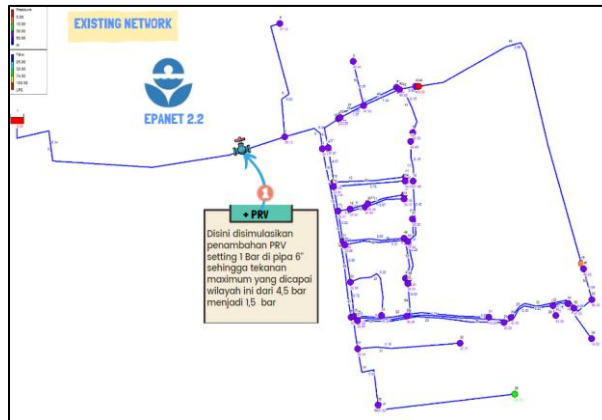
Gambar 2. Analisa Jaringan Perpipaan Sektor Kalpataru WM11 – Srikandi

Sektor Srogo WM6 – Timor



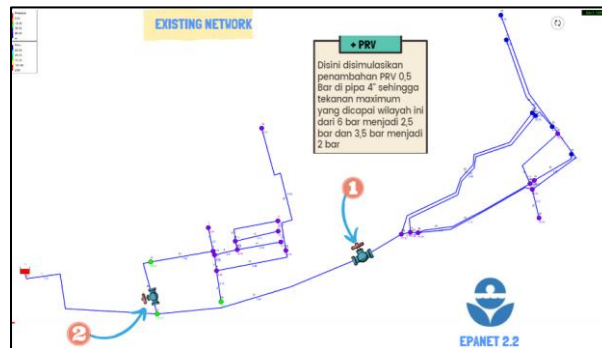
Gambar 3. Analisa Jaringan Perpipaan Sektor Kalpataru WM11 – Srikandi

Sektor Kalpataru WM10 – Kresno



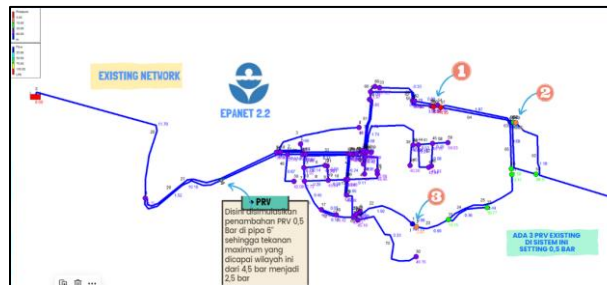
Gambar 4. Analisa Jaringan Perpipaan Sektor Kalpataru WM11 – Srikandi

Sektor Kalpataru WM11 – Srikandi



Gambar 5. Analisa Jaringan Perpipaan Sektor Kalpataru WM11 – Srikandi

Sektor Candi Selatan WM14 – Candi Selatan



Gambar 6. Analisa Jaringan Perpipaan Sektor Candi Selatan WM14 – Candi Selatan

Rekapitulasi Tekanan pada Area Pelayanan

Dalam model simulasi penambahan PRV menggunakan EPANET, upaya penurunan kebocoran dapat dilakukan dengan efektif dengan cara menurunkan tekanan pada pipa dengan menempatkan tambahan PRV agar aliran menjadi stabil, adapun nilai tekanan yang di turunkan berdasarkan penempatan PRV pada jaringan perpipaan eksisting dapat dirincikan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 3 nilai penurunan tekanan

Bangunan Tampung Air (BTA)	pelayanan	P max sebelum PRV (bar)	P Max setelah PRV (bar)	Persentase penurunan
Sektor srogo WM2	Kalpataru	6,6	2,5	62 %
Sektor Srogo WM6	Timor	4	2	50 %
Sektor Kalpataru WM10	Kresno	4,5	1,5	67 %
Sektor Kalpataru WM11	Srikandi	6	2,5	58 %

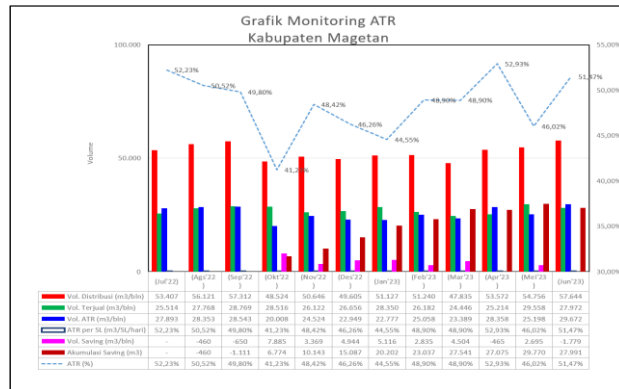
Sektor Candi Selatan WM14	Candi Selatan	4,5	2,5	44 %
---------------------------	---------------	-----	-----	------

Air Tak Berekening

Perhitungan Air Tak Berekening ditetapkan dengan rumus :

$$Volume\ ATR\ (m^3) = Volume\ Air\ Produksi / Distribusi\ (m^3) - Volume\ Air\ Terjual\ (m^3)$$

Adapun monitoring selama 12 bulan data dapat disajikan keadalam grafik monitoring ATR Sektor Srogo, Kalpataru dan Candi Selatan Sebagai Berikut :



Gambar 5. grafik monitoring ATR

Berdasarkan monitoring selama 12 bulan Air Tak Berekening (ATR) di Sektor Srogo, Kalpataru dan Candi Selatan, Persentase ATR di wilayah tersebut mengalami fluktuasi tergantung dari suplai air distribusi yang masuk ke sistem yang membuat kehilangan air dapat meningkat, namun dari series data yang dimiliki, bulan Juli 2022 sebagai bulan baseline menjadi tolak ukur jumlah angka penyelamatan air yang telah dilakukan oleh Perumdam Lawu Tirta, dari data tersebut sebesar 27.991 m³ air diselamatkan dari periode Agustus 2022 hingga Juli 2023, tingkat kebocoran masih tinggi yaitu 51%, sehingga pengajuan penambahan PRV dapat dijadikan prioritas utama dalam upaya penurunan ATR oleh Perumdam Lawu Tirta. Adapun upaya penurunan ATR yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut (Dighade, R. R, 2015), (Yekti, M. I 2019),

Tabel 4 upaya penurunan ATR

No	Timeline Kegiatan	Uraian Kegiatan Upaya Penurunan ATR
1	Januari 2023	<ul style="list-style-type: none"> Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ; Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ; Penelusuran <i>STEPTEST</i> menggunakan alat <i>Sounding Detector</i> di Sektor Candi Selatan ; Penggantian Pipa distribusi, Pipa Dinas dan Meter air pelanggan pada lokasi yang potensial untuk memenuhi <i>demand</i> dan peningkatan <i>consumption</i>.
2	Februari 2023	<ul style="list-style-type: none"> Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ; Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ; Penelusuran <i>STEPTEST</i> menggunakan alat <i>Sounding Detector</i> di Sektor Candi Selatan.
3	Maret 2023	<ul style="list-style-type: none"> Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ; Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ; Penelusuran Kebocoran nyata berupa lubang pengganti air valve dengan diameter 5 mm ;
4	April 2023	<ul style="list-style-type: none"> Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ; Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh Sektor; Penelusuran & merekap informasi jaringan distribusi yang masih menggunakan pipa berbahan GI.
5	Mei 2023	<ul style="list-style-type: none"> Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ; Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh Sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ; Melakukan Pelatihan / <i>TRANSFER KNOWLEDGE</i> Pengelolaan Jaringan Distribusi dan cara menganalisis menggunakan <i>EPANET</i> ; Menganalisis seluruh jaringan distribusi Bersama Tim ATR, Bagian Transdis, PDAM Cabang 1 & 7 dan pembaca

6	Juni 2023	<p>meter pada lokasi ATR dengan menggunakan EPANET ;</p> <ul style="list-style-type: none">• Menyusun strategi rencana penggantian pipa dan penambahan PRV ;• Melakukan Pemetaan tingkat kebocoran di setiap SPAM dan mengintensifkan program identifikasi dan perbaikan kebocoran fisik di lapangan.• Melakukan Monitoring Data Distribusi dan ATR ;• Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ;• Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh Sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ;• Memaksimalkan manajemen tekanan dengan cara pengaturan gate valve dan PRV yang telah terpasang ;• Step test untuk mengidentifikasi lokasi dengan tingkat kebocoran tinggi untuk selanjutnya dilakukan deteksi kebocoran ;• Membeli <i>leak detector</i> baru ;• Bertindak cepat melakukan perbaikan terhadap kebocoran yang ditemukan baik dari hasil patrol maupun berdasarkan informasi / laporan warga ;• Melakukan Pemetaan tingkat kebocoran di setiap SPAM dan mengintensifkan program identifikasi dan perbaikan kebocoran fisik di lapangan.
7	Juli 2023	<ul style="list-style-type: none">• Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ;• Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh Sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ;• Pengajuan penambahan 6 PRV di 5 lokasi (WM 2, 6, 10, 11, 14);• Pengajuan ulang upaya penggantian pipa distribusi yang masih berbahan GI sepanjang 200 meter dengan ukuran pipa 3 inch;
8	Agustus 2023	<ul style="list-style-type: none">• Pengajuan ulang pengadaan valve sebanyak 40 buah (permasalahan lubang kebocoran pengganti air valve).• Penelusuran Perbaikan Kebocoran Jaringan Pipa Distribusi ;• Penggantian <i>Water Meter</i> pelanggan di seluruh Sektor dengan usia teknis tua dan pemakaian air yang tidak wajar ;• Penelusuran kebocoran <i>steepest</i> menggunakan <i>sounding detector</i> di sektor Srogo, Sektor Candi Utara dan Sektor Candi Selatan ;• Pengajuan penggantian pipa distribusi yang mengalami kebocoran;• Pengaturan supply air distribusi ;• Pengaturan personel / tim dalam mengatasi kebocoran didalam dan diluar lokasi ATR ;• Pemasangan 9 air valve.

KESIMPULAN

upaya penurunan kebocoran dapat dilakukan dengan efektif dengan cara menurunkan tekanan pada pipa dengan menempatkan tambahan PRV agar aliran menjadi stabil, penurunan tekanan di Sektor Srogo, Kalpataru dan Candi Selatan mencapai 0 – 67%

upaya yang dilakukan PERUMDAM Lawu Tirta dalam menurunkan Air Tak Berekening (ATR) sudah baik namun dapat dioptimalkan dengan melakukan penambahan PRV sebanyak 6 buah dengan rincian: +1 PRV di WM2 Srogo – Kalpataru, +1 PRV di WM6 Srogo – Timor, +1 di WM10 Kalpataru – Kresno, +2 PRV di WM11 Kalpataru – srikandi, +1 PRV di WM14 Candi Selatan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Z. Y. (2024). Reducing Non-Revenue Water. *International Journal of Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering*, 6, 23-29.
- Chandaeng, S., Sawangjang, B., Kazama, S., & Takizawa, S. (2024). Analysis of the factors influencing the fluctuation of non-revenue water in Luangprabang City, Laos. *AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(3), 453-463.
- Dighade, R. R., Kadu, M. & Pande, A. M. (2015). Non Revenue Water Reduction Strategy in Urban Water Supply System in India. *International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences*, 3(1), 17–24

- Direktorat Jendral Cipta Karya (2023) Pedoman Pengelolaan Program Hibah Air Minum Berbasis Kinerja (Tata Kelola, Efisiensi Operasi, Keuangan, dan Kualitas Pelayanan) Perubahan Keempat. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Gajbhiye, A., Reddy, P. H. P., Sargaonkar, A. P., & Scholar, M. T. (2017). Modeling Leakage in Water Distribution System Using EPANET. *J Civ Eng Environ Technol*, 4(3), 211-214.
- Jayanti, A. R., Badriani, R. E., & Dhokhikah, Y. (2019). Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program EPANET 2.0. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 172-178.
- Klingel, P., & Knobloch, A. (2015). A review of water balance application in water supply. *Journal-American Water Works Association*, 107(7), E339-E350.
- Ngueyim Nono, K. J., Dang Mvongo, V., & Defo, C. (2024). Assessment of non-revenue water in the urban water distribution system network in Cameroon (Central Africa). *Water Supply*, 24(5), 1755-1767.
- Nuartha, I., Ghurri, A., & Priambadi, I. (2016). Analisis Perencanaan Penempatan Pressure Reducing Valve Pada Jaringan Perpipaan Transmisi Air Baku. *Jurnal Mettek*, 2(2), 68-74.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 tentang Kebijakan Dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Penyediaan Air minum (KSNP-SPAM). Jakarta.
- Sadi, R. D. (2023). Monitoring Data Air Tak Berekening (ATR) dan Koreksi Terhadap Anomali Data pada Sektor Candi Selatan PERUMDAM Lawu Tirta Kabupaten Magetan. *JURNAL PROTEKSI: Jurnal Lingkungan Berkelanjutan*, 3(1), 1-11.
- Yekti, M. I., Norken, I. N., & Wentari, N. P. R. (2019). Non-Revenue Water (NRW) and its handling for a drinking water supply system in Kedewatan zone Gianyar Bali. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 276, p. 04004). EDP Sciences.