



Strategi Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) melalui Analisis Neraca Air dan Indikator Kinerja NRW pada Jaringan Distribusi SPAM Cabang Karawang

Athaya Dhiya Zafira¹, Ervin Nurhayati², dan Gabriel Novianus R.P.³

¹. Departemen Teknik Lingkungan, ITS

². Pengajar Departemen Teknik Lingkungan, ITS

³. Direktorat Air Minum, Kementerian PUPR

E-mail : athaya.zafira@pu.go.id

Abstract

Perumdam Tirta Tarum as a BUMD with healthy performance and has FCR (Full Cost Recovery), but the NRW (Non Revenue Water) score is still quite high at 32.16%. The Karawang branch is the largest contributor to the volume of water loss, around 33% of the total water loss in 19 Branches/IKK units in other service areas. This study uses water balance analysis methods and NRW performance indicators to formulate recommendations for NRW reduction programs. Annual water loss during the period April 2022 to March 2023 was 23.96% with a loss volume of 2,343,756m³/12 months. The percentage of physical water loss is 18.49% and non-physical water loss is 5.47%. When converted to cost values, the annual loss of non-physical water is Rp.2,610,791,315.- and the annual loss of physical water is Rp.8,640,197,936.-. Physical loss is classified as category C performance (severe leakage) and the overall ATR performance indicator is classified as category C (poor ATR condition). Recommendations or strategies for handling NRW efficiently at study locations can be formulated after understanding the causes of NRW and the most influencing component factors.

Keywords: Distribution network ; Loss of water ; NRW performance indicators; Recommendation; Water balance

Abstrak

Perumdam Tirta Tarum tergolong BUMD kinerja sehat dan sudah FCR (Full Cost Recovery), namun angka NRW (Non Revenue Water) masih cukup tinggi yakni sebesar 32,16%. Cabang Karawang menjadi penyumbang volume kehilangan air terbanyak berkisar 33% dari total kehilangan air di 19 Cabang/unit IKK wilayah pelayanan lainnya. Penelitian ini menggunakan metode analisis neraca air dan indikator kinerja NRW untuk merumuskan rekomendasi program penurunan NRW. Kehilangan air tahunan selama periode April 2022 hingga Maret 2023 sebesar 23,96% dengan volume kehilangan sebesar 2.343.756m³/12 bulan. Persentase kehilangan air fisik sebesar 18,49% dan kehilangan air non fisik sebesar 5,47%. Bila dikonversi ke nilai biaya, kerugian kehilangan air non fisik tahunan sebesar Rp.2.610.791.315,- dan kerugian kehilangan air fisik tahunan mencapai Rp.8.640.197.936,-. Kehilangan fisik tergolong kategori kinerja C(kebocoran cukup parah) dan indikator kinerja ATR secara keseluruhan tergolong kategori C(kondisi ATR buruk). Rekomendasi atau strategi penanganan NRW yang efisien pada lokasi studi dapat dirumuskan setelah memahami penyebab terjadinya NRW dan faktor komponen yang paling mempengaruhi.

Kata Kunci: Indikator kinerja NRW; Jaringan distribusi; Kehilangan air; Neraca air; Rekomendasi.

PENDAHULUAN

Perumdam Tirta Tarum Kabupaten Karawang merupakan salah satu BUMD dengan penilaian kinerja sehat dan sudah FCR (*Full Cost Recovery*), namun penilaian angka NRW (*Non Revenue Water*) masih cukup tinggi yakni sebesar 32,16% (PUPR,2022). Total kerugian Perumdam Tirta Tarum akibat kehilangan air pada tahun 2022 ini mencapai 38,63 Miliar dengan rata-rata kerugian tiap bulannya sebesar 3,22 Miliar. Wilayah pelayanan Perumdam Tirta Tarum Kabupaten Karawang terdiri dari 9 Cabang dan 11 unit IKK. Wilayah pelayanan terbesar yakni Cabang Karawang dengan persentase air yang didistribusikan ke cabang ini rata-rata sebesar 32% dari total air yang didistribusikan ke seluruh wilayah pelayanan. Kehilangan air di Cabang Karawang selama tahun 2022 sebesar 2,6 juta meter kubik atau sekitar 33% dari total kehilangan air di seluruh cabang dan unit IKK pelayanan (Perumdam Tirta Tarum, 2022).

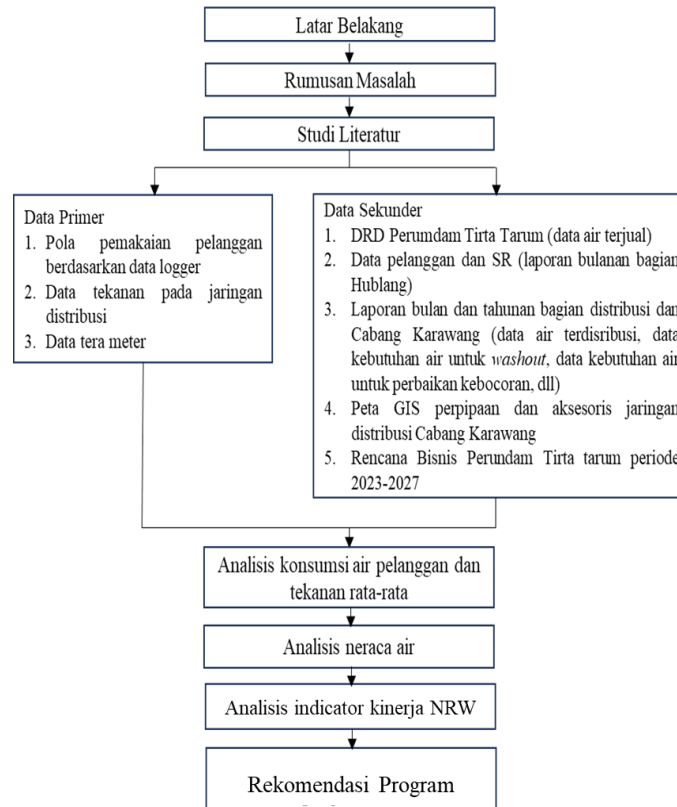
Kunci utama penentuan strategi penurunan NRW yakni dengan memahami penyebab terjadinya NRW dan factor yang paling mempengaruhi pada komponen tersebut (Farley & Liemberger, 2004). Dalam hal ini, maka penting untuk mengetahui neraca air dan indikator kinerja air tak berekening pada wilayah studi yang akan diteliti. Beberapa penelitian menyatakan kehilangan air real atau kebocoran menjadi kontributor utama dalam penyumbang nilai NRW tinggi (Sushu et al., 2021). Strategi pengurangan real losses dapat dilakukan melalui manajemen tekanan, membentuk zona atau district meter area (DMA), dan rehabilitasi pipa (Farouk et al., 2021). Oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan neraca air dengan analisa berbagai komponen baik kehilangan air fisik maupun nonfisik untuk menentukan strategi prioritas guna menurunkan nilai kehilangan air.

Lebih lanjut para manajer perusahaan air minum menggunakan matriks target kehilangan fisik untuk memandu dalam pengembangan dan perbaikan jaringan yang disebabkan oleh kehilangan air fisik. Matriks ini menggunakan nilai Index Kebocoran Infrastruktur (*Infrastructure Leakage Index/ILI*) yang merupakan satu indikator kehilangan fisik yang sangat baik karena mempertimbangkan bagaimana jaringan dikelola. ILI adalah indicator kinerja kehilangan air nyata (fisik) dari jaringan suplai system distribusi air. Nilai ini adalah ukuran seberapa baik jaringan distribusi dikelola, dipelihara, diperbaiki, dan direhabilitasi (Winarni,2009). ILI diturunkan dari karakteristik struktural dan operasional jaringan, seperti panjang pipa, jumlah sambungan layanan, dan tekanan operasi (Lenzi, et.al.,2014). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisa indicator kinerja NRW melalui perhitungan ILI dan indicator ATR secara keseluruhan untuk merekomendasikan penanganan kehilangan air fisik dan non fisik berdasarkan kondisi jaringan yang dikelola.

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian dan Kerangka Penelitian

Penelitian dilakukan di Perumdam Tirta Tarum Kabupaten Karawang dengan fokus studi pada jaringan distribusi Sistem Penyediaan Air Minum Cabang Karawang. Kerangka penelitian meliputi latar belakang, rumusan masalah, pengumpulan data (primer dan sekunder), analisis konsumsi air pelanggan dan tekanan, analisis neraca air, analisis indicator kinerja NRW, dan rekomendasi program dan potensi penghematan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Analisis Konsumsi Air Pelanggan dan Tekanan rata-rata

Pola konsumsi air pelanggan ditinjau dari pola pemakaian berdasarkan supply input system di meter induk, pola pemakaian di pelanggan domestik dan pola pemakaian pelanggan non domestik (dalam penelitian ini ditinjau di pelanggan perumahan dan rumah sakit). Tekanan ditinjau di jaringan perpipaan (titik kritis) dan di SR (titik yang mewakili suatu area). Pengamatan debit dan tekanan dilakukan tiap jam selama 7 hari berturut-turut.

Analisis Neraca Air

Perhitungan neraca air di wilayah studi menggunakan perangkat lunak berbasis spreadsheet yakni WB-EasyCalc versi 5.18.

Analisis indikator kinerja NRW

Analisa indikator kinerja NRW dilakukan dengan analisa penggolongan kinerja kehilangan air fisik dan penggolongan kinerja air tak berekening (kehilangan air fisik dan kehilangan air nonfisik). Penggolongan kinerja kehilangan air fisik dilakukan dengan pendekatan perhitungan ILI (*Infrastruktur Leakage Index*). Perhitungan ILI menggunakan persamaan (1) dan (2). Penggolongan kinerja air tak berekening menggunakan perhitungan indicator liter per sambungan per hari saat jaringan bertekanan dan disesuaikan dengan kondisi apabila suplai air intermitten.

$$ILI = \frac{CAPL}{MAAPL} \quad (1)$$

$$MAAPL \left(\frac{l}{hari} \right) = [18 \times LM + (0,8 + 25 \times LP) \times NC] \times P \quad (2)$$

Keterangan :

CAPL : *Current (real) Annual Physical Losses,*

- MAAPL : *Minimum Achievable Annual Physical Losses*,
LM : *length of mains*, panjang total pipa induk (primer s/d tersier, tidak termasuk pipa dinas – dalam km)
NC : *number of service connections*, jumlah sambungan
LP : *length of service connections*, jumlah panjang pipadinas dari batas persil pelanggan sampai meter pelanggan
P : average pressure (meter), tekanan rata-rat

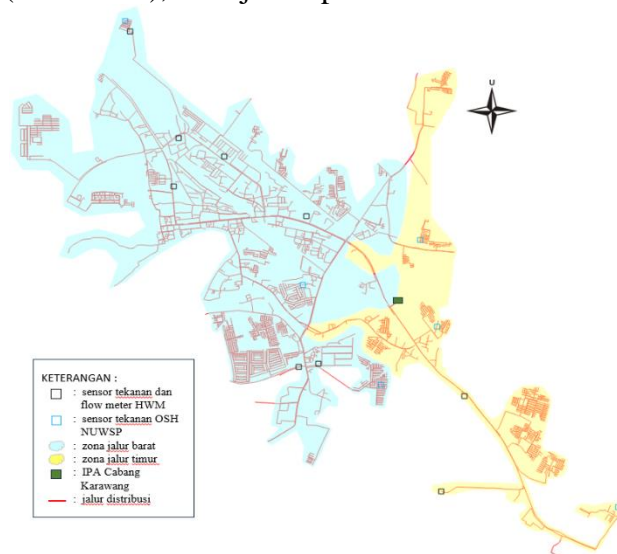
Rekomendasi Program Penurunan NRW

Rekomendasi program penurunan NRW yang diberikan berdasarkan hasil analisa kehilangan air menggunakan pendekatan neraca air dan indicator kinerja NRW, serta disesuaikan dengan rencana bisnis Perumdam Tirta Tarum. Pada analisa ini digunakan metode analisis deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksisting Pelayanan SPAM Cabang Karawang

Air baku SPAM Cabang Karawang berasal dari air permukaan saluran irigasi PJT II (saluran Tarum Utara Barat), pengambilan air menggunakan system perpompaan dengan jenis konstruksi intake saluran bebas dengan dimensi muka intake sebesar 120 x 120 x 120 cm. Intake dilengkapi dengan bar screen dan pintu pengatur air. Saluran air menuju bak penampung menggunakan gorong-gorong beton dia. 120 cm sepanjang 15 m. Bak pengumpul berdimensi 15,6 x 52 x 40 m dengan kapasitas tampungan air sebesar 243,4 m³. Selanjutnya air ditransmisikan ke 3 WTP kapasitas 150 l/d, 150 l/d, dan 100 l/d dengan menggunakan pompa intake kapasitas 180 l/d (1 pompa) dan 80 l/d (2 pompa). Air hasil olahan ditampung di reservoir dengan kapasitas 2000 m³ untuk selanjutnya didistribusikan ke wilayah pelayanan dengan 1 pompa distribusi kapasitas 300 l/d (pada waktu bukan beban puncak). Pada saat waktu beban puncak dilakukan penambahan pompa yang beroperasi dengan kapasitas 75 l/d. Pada akhir tahun 2022 tercatat pelayanan Perumdam Tirta Tarum di Cabang Karawang sebanyak 33.009 SR dan mengalami peningkatan di akhir bulan Maret 2023 menjadi 33.188 SR (persentase pelayanan sebesar 25,35%). Terdapat 2 jalur pelayanan SPAM Cabang Karawang yakni jalur timur (7.419 SR) dan jalur barat (25.769 SR), ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Zona pelayanan Cabang Karawang

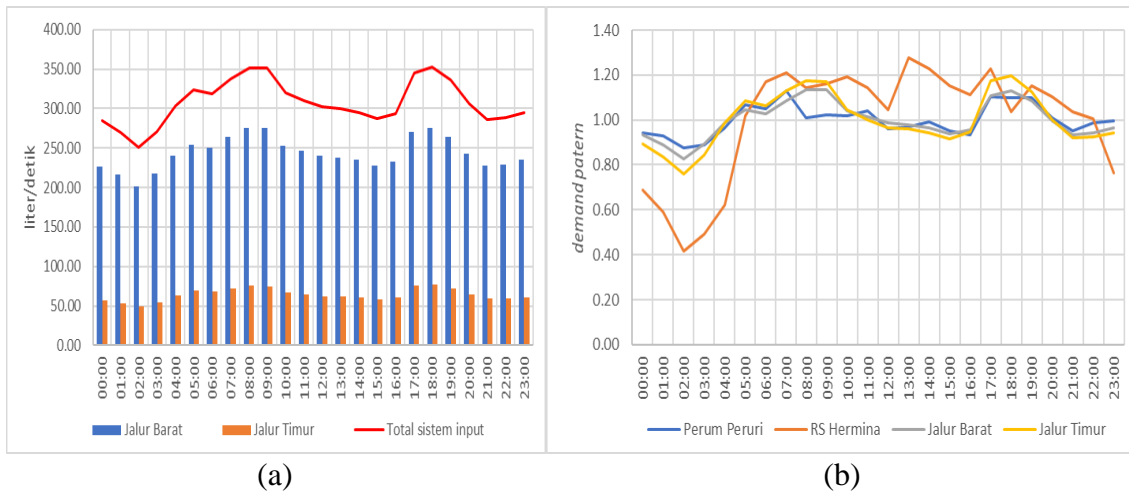
Pelayanan SPAM Cabang Karawang melayani 4 Kecamatan yakni Kecamatan Karawang Barat (desa/kelurahan terlayani : Karawawang Kulon, Adiarsa Barat, Tanjung Pura, Tunggak Jati, Nagasari, Karangpawitan, Mekarjati), Kecamatan Karawang Timur

(desa/kelurahan terlayani : Adiarsa Timur, Karawang Wetan, Palumbonsari, Palawad, Tegalsawah, Margasari, Kondang Jaya, Warung Bambu), Kecamatan Telukjambe Timur (desa/kelurahan terlayani : Telukjambe, Purwadana, Pinayungan, Puseurjaya), Kecamatan Klari (desa/kelurahan terlayani : Anggadita, Gintung Kerta).

Konsumsi Air Pelanggan dan Tekanan Rata-rata

Terdapat 9 titik pemantauan aliran dan tekanan yang tersebar di wilayah pelayanan Cabang Karawang melalui HWM aplikasi. Titik pemantauan diletakan di 2 lokasi hotel, 2 perumahan, 2 supermarket, 1 rumah sakit, dan 2 sektor swasta. Selain itu terdapat pemantauan debit dan tekanan pada system input di jalur menuju ke zona barat dan zona timur. Berdasarkan data pada logger, maka dibuat grafik fluktuasi konsumsi air (*demand pattern*) harian per jam system input dan pelayanan. Pada Gambar 4 terlihat fluktuasi pada system input antara jalur timur dan jalur barat hampir sama. Total supply minimum sebesar 250,28 l/d terjadi pada pukul 02:00 malam dan supply maksimum sebesar 352,10 l/d pada pukul 18:00. Pada Gambar 5 terlihat koefisien *demand pattern* antara system input jalur barat dan timur serta fluktuasi konsumsi pelanggan serupa. Pemakaian puncak terjadi 2 kali yakni berkisar pukul 07:00-09:00 dan pukul 17:00-19:00. Pemakaian minimum berkisar antara pukul 01:00 hingga pukul 03:00. Terdapat perbedaan pada fluktuasi pemakaian di rumah sakit yakni adanya pemakaian puncak pada pukul 13:00-15:00.

Selain pada 9 titik aplikasi HWM, terdapat 6 titik sensor tekanan pada jaringan distribusi di titik-titik kritis. Persebaran sensor aliran dan tekanan ditunjukkan pada Gambar 3. Selain pemantauan pada sensor pada data logger tersebut, dilakukan pengukuran di lapangan pada lokasi yang mewakili wilayah pelayanan. Berdasarkan data pengukuran di lapangan, tekanan yang belum memenuhi kriteria teknis yang tercantum di Permen PU no 27 tahun 2016 yakni di kawasan Dr Taruno Grand Tuparev (0,4 bar), Perum Bintang Alam (0,2 bar), dan Perumahan Buana Asri (0,4 bar).



Gambar 2. (a) Grafik fluktuasi supply air distribusi ke pelanggan; (b) Grafik fluktuasi supply air distribusi ke pelanggan

Neraca Air Tahunan

Perhitungan neraca air ini dilakukan untuk periode bulan April 2022-Maret 2023 (12 bulan). Volume input system menggunakan data yang tercatat di logger system input distribusi pada periode waktu pengamatan. Mengacu pada pedoman penurunan NRW atau Air Tak Berekoning (ATR) Kemen PUPR, dipilih akurasi meter sebesar 0,5% karena

menggunakan electromagnetic flow meter. Data konsumsi bermeter berekening mengacu pada data DRD dan berdasarkan hasil wawancara kepada pihak Perumdam diketahui bahwa Cabang Karawang tidak menjual air tangka sehingga data konsumsi tak bermeter berekening dianggap tidak ada. Adapun air tangki yang didonasikan di wilayah pelayanan Cabang Karawang pada saat terjadi bencana sebanyak 494 m³. Data yang tercatat sebagai pemakaian tak bermeter tak berekening yakni digunakan untuk *flushing* pipa di *washout* sebanyak 144.497 m³ dan untuk perbaikan kebocoran yang didominasi oleh kebocoran pada pipa dinas sebanyak 236.175 m³.

Konsumsi tidak resmi diasumsikan 0,1% dari air yang disupply (Lambert and Taylor, 2010; Vermersch et al., 2016) atau 0,25% dari air yang disupply berdasarkan rekomendasi AWWA,2009. Untuk negara yang berkembang konsumsi tidak resmi disarankan diasumsikan 10% dari air berekening atau 10% dari NRW (Mutikanga, et.al, 2011; Seago et.al.,2004). Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan indikasi sambungan tidak resmi berdasarkan pemakaian 0 m³ dan pelanggan yang mengalami pencabutan tetapi tidak melakukan pemasangan kembali dengan total pemakaian konsumsi tidak resmi berkisar 10,02% dari nilai NRW.

Ketidakakuratan meter meteran harus diestimasi menurut uji meteran pada laju aliran yang berbeda, yang merepresentasikan tipe customer pelanggan dan panduan manual meteran (Arregui et al., 2007; AWWA, 2016). Berdasarkan data tera meter yang dilakukan persentase pencatatan meter lebih rendah (dibawah normal) berkisar 2%. Kesalahan penanganan data dapat diperkirakan dengan mengeksplor dan menganalisis histori tren data penagihan untuk periode tertentu (Farley et.al, 2008; Mutikanga et.al.,2011). Dalam hal ini terdapat perbedaan pelaporan data bagian distribusi dengan bagian hubungan pelanggan karena adanya koreksi (pengaduan) dari pelanggan. Rata-rata tren data koreksi tahunan selama 4 tahun terakhir sebesar 1,64%. Berdasarkan data yang diinput pada simulasi neraca air software WB EasyCalc diperoleh output neraca air tahunan ditunjukkan pada Gambar 6.

Volume Input Sistem 9,781,972 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 0.1% 100%	Konsumsi Resmi 7,438,216 m ³ /year Margin Error [+/-] 1.1% 76.04%	Konsumsi Resmi Berekening 7,057,050 m ³ /tahun 72.14%	Konsumsi Bermeter Berekening 7,057,050 m ³ /year 72.14%	Air Berekening 7,057,050 m ³ /tahun 72.14%	
		Konsumsi Resmi Tak Berekening 381,166 m ³ /year Margin Error [+/-] 21.8% 3.90%	Konsumsi Tak Bermeter Berekening 0 m ³ /year 0.00%		
	Kehilangan Air 2,343,756 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 3.6% 23.96%	Kehilangan Air Non-Fisik 534,670 m ³ /year Margin Error [+/-] 15.3% 5.47%	Konsumsi Bermeter Tak Berekening 494 m ³ /year 0.005%	Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 380,672 m ³ /year Margin Error [+/-] 21.8% 3.895%	Air Tak Berekening 2,724,922 m ³ /tahun Margin Error [+/-] 0.5% 27.86%
		Kehilangan Air Fisik 1,809,087 m ³ /year Margin Error [+/-] 6.5% 18.49%	Konsumsi Tak Resmi 272,983 m ³ /year Margin Error [+/-] 21.8% 2.79%	Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 261,687 m ³ /year Margin Error [+/-] 21.3% 2.68%	

Gambar 3. Neraca air wilayah layanan Cabang Karawang selama periode bulan April 2022-Maret 2023

Hasil analisis software WB EasyCalc menunjukkan kehilangan air tahunan sebesar 23,96% dengan volume kehilangan cukup besar yakni 2.343.756 m³/12 bulan. Kehilangan air yang terjadi didominasi akibat kehilangan air fisik sebanyak 1.809.087 m³/12 bulan atau sebesar 18,49% dan kehilangan air non fisik sebanyak 534.670m³/12 bulan atau sebesar 5,47%. Bila dihitung sebagai perbandingan persentase nilai kehilangan air tidak terlihat besar, namun bila nilai ini dihitung atau dikonversi menjadi nilai kerugian yang diterima

Perumdam Tirta Tarum khususnya Cabang Karawang maka kehilangan air menjadi terasa sangat besar dan penting untuk segera ditangani. Tarif rata-rata penjualan air per m³ sebesar Rp. 4.883,- dengan biaya rata-rata produksi/distribusi air per m³ sebesar Rp.4.776,-. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung kerugian kehilangan air non fisik tahunan sebesar Rp.2.610.791.315,- dan kerugian kehilangan air fisik tahunan mencapai Rp. 8.640.197.936,-.

Analisis indikator kinerja NRW

Indikator kehilangan air fisik menggunakan pendekatan perhitungan ILI yang mempertimbangkan bagaimana jaringan distribusi tersebut dikelola. ILI merupakan satu ukuran sejauh mana satu jaringan distribusi dikelola dengan baik (yaitu dirawat, diperbaiki dan direhabilitasi) untuk pengendalian kehilangan fisik, pada tekanan operasi saat ini. Kehilangan fisik tahunan saat ini (riil) sebesar 4.956 m³/hari dengan nilai volume minimum kehilangan air yang dapat dicapai sebesar 487 m³/hari. Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai ILI sebesar 10. Berdasarkan matrix International Water Association dan World Bank Institute, 1999 pada situasi negara berkembang maka kehilangan fisik tergolong kategori kinerja C. Kategori C ini tergolong kebocoran cukup parah, dapat ditoleransi hanya jika air melimpah dan murah. Harus dilakukan analisis keparahan dan sifat kebocoran, serta lakukan upaya-upaya penurunan tingkat kebocoran yang intensif.

Secara keseluruhan ATR kinerja indicator Perumdam Tirta Tarum Cabang Karawang tergolong kategori C karena memiliki kondisi kehilangan air sebesar 222 liter/sambungan/hari dengan tekanan rata-rata 10 meter. Kategori ini tergolong kondisi ATR yang buruk, bisa ditoleransi apabila terdapat air yang berlimpah dan murah, walaupun demikian perlu Upaya untuk analisis tingkat dan penyebab serta intensitas ATR. Mengingat sumber air baku yang sangat terbatas (saat ini bekerja sama dengan PJT II untuk perolehan air baku dan kedepannya akan dilakukan kerjasama pembelian air curah dari SPAM Regional Jatiluhur yang tentunya tidak murah) maka perbaikan kondisi ATR yang buruk di Cabang Karawang ini harus menjadi prioritas Perumdam untuk segera diatasi.

Rekomendasi Program Penurunan NRW

Berdasarkan analisa indikasi komponen-komponen penyebab NRW pada neraca air dan analisa indikator kinerja NRW di wilayah studi, maka perlu disusun rekomendasi program yang dibutuhkan untuk pengendalian dan penurunan NRW masing-masing komponen.

Tabel 1. Rekomendasi Program Penurunan NRW

Komponen	Rekomendasi
<i>Komponen konsumsi bermeter tak berekening</i>	Volume air pada komponen bermeter tak berekening digunakan untuk keperluan sosial seperti pada saat terjadi banjir, kekurangan air, dll. Oleh sebab itu komponen ini tidak dapat dikurangi karena merupakan suatu kebutuhan penting dan relative kecil nilainya.
<i>Komponen tak bermeter tak berekening</i>	Konsumsi tak bermeter berekening diperoleh dari data penggunaan air yang diketahui/diijinkan, tetapi tidak dipasang meter dan tidak dapat ditagihkan. Rekomendasi program untuk penanganan komponen ini yakni meningkatkan kecepatan dan kualitas perbaikan kebocoran. Jumlah air yang hilang karena kobocoran pipa, merupakan fungsi dari waktu. Oleh sebab itu dibutuhkan waktu menyadari (“ <i>awareness</i> ”) bahwa kebocoran perlu ditanggulangi, kemudian menemukan atau melokalisir (“ <i>localized</i> ”),

Komponen	Rekomendasi
	dan memperbaikinya (“ <i>repair</i> ”) dalam waktu yang semakin cepat maka semakin baik.
<i>Komponen konsumsi tak resmi</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inpeksi pemakaian tidak wajar Secara bertahap dan terjadwal perlu dilakukan inspeksi terhadap pemakaian tidak wajar (0 m, <5 m³ dan <10 m³. Hal ini harus diikuti dengan peraturan dan sanksi yang tegas bagi para pelaku pencurian air untuk menimbulkan efek jera bagi pelaku dan pembelajaran bagi konsumen lain. Dalam hal ini dapat melibatkan aparat penegak hukum, tokoh masyarakat, dan tokoh agama. 2. Melakukan survey dan dan pemutusan sambungan liar Survey dilakukan dengan menelusuri wilayah yang terindikasi adanya pencurian. 3. Pelaksanaan sosialisasi Sosialisasi ini sasarannya yakni agar pelanggan ikut terlibat dan mendukung berbagai program Perumdam Tirta tarum terutama terkait penurunan nilai NRW.
<i>Komponen ketidakakuratan meter dan penanganan data</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pendataan usia meter air pelanggan Pendataan sebaiknya dikategorikan menjadi 3 bagian yakni yang usianya kurang dari 5 tahun, 5-10 tahun , dan diatas 10 tahun. Hal ini dilakukan untuk mengetahui indikasi meter air yang tidak akurat. 2. Pelaksanaan tera meter Pelaksanaan tera meter yang menyeluruh atau random sampling namun tetap dapat mewakili suatu kawasan tertentu. eter air yang diketahui tidak akurat harus ditera ulang (re-kalibrasi) atau mengalami penggantian. 3. Pemasangan dan tata letak meter air Pemasangan meter air khususnya pada pemasangan meter air yang baru seharusnya mengacu pada standar internasional ISO 4064 tentang pemasangan meter air.
<i>Komponen kehilangan air fisik</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pendataan umur pipa Pendataan ini dilakukan sebagai langkah perbaikan manajemen asset dan untuk mengetahui potensi pipa yang mengalami kebocoran akibat pemakaiannya sudah melebihi batas usia pakainya. dapat dilakukan dengan menganalisa dokumen as built drawing atau informasi dari staf senior, dan selanjutnya dilakukan survey lapangan untuk verifikasi. 2. Membuat pemetaan potensi kebocoran fisik Setelah jaringan perpipaan dan umur pipa terdata, analisa potensi kebocoran fisik dengan beberapa parameter diantaranya umur pipa yang sudah tua, perbedaan tekanan air yang signifikan, area yang sering mengalami kebocoran (berdasarkan rekapan pengaduan beberapa bulan terakhir), area yang dikeluhkan pelanggan (baik kontinuitas, kualitas, kontinuitas, kuantitas). 3. Rehabilitasi pipa Berdasarkan hasil pendataan umur pipa dan pemetaan potensi kebocoran, segmen pipa yang terindikasi kebocoran tinggi dan pemakaiannya sudah melebihi usia pakainya perlu diganti /dilakukan peremajaan. 4. Memperbaiki topologi jaringan Berdasarkan simulasi hidrolis yang dilakukan menggunakan epanet, dapat diketahui segmen/wilayah mana yang tekanan dan kecepatannya tidak memenuhi kriteria teknis yang tercantum di Permen PU no 27 tahun 2016. Melalui hasil analisa tersebut dapat dilakukan perencanaan dan pelaksanaan untuk memperbaiki totpologi jaringan. 5. Membentuk <i>District Meter Area</i> (DMA)

Komponen	Rekomendasi
	<p>Dalam hal pembentukan DMA di Perumdam Tirta Tarum perlu dilakukan secara bertahap dengan memperhatikan prioritas penanganan NRW. Beberapa parameter pertimbangan sebagai berikut dasar pembentukan jumlah dan batas DMA diantaranya ukuran zona, batas zona, sambungan pelanggan dalam zona, elevasi zona, panjang pipa, perpipaan zona, jenis konsumen dalam zona (Farley, M.,2012).</p> <p>6. Pencarian kebocoran aktif Setelah dibentuk DMA, program pengendalian kebocoran aktif perlu dilakukan secara rutin. Lokalisasi dan menemukan kebocoran dapat dilakukan melalui <i>step test</i> kemudian dilanjutkan dengan mengetahui titik kebocoran secara pasti menggunakan <i>stick sounding</i>, mikrofon, atau <i>Leak Noise Correlator</i>.</p> <p>7. Penerapan sistem SCADA pada jaringan distribusi secara bertahap.</p>
<p><i>Rekomendasi Umum</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan komitmen terutama manajemen dan staf Perumdam untuk keberhasilan menurunkan NRW; 2. Menyusun kegiatan/program pengurangan NRW Kegiatan/program disusun secara detail mencakup jadwal kerja dan kebutuhan sumber daya (personil, peralatan, anggaran, target, dll); 3. Menentukan lokasi prioritas penanganan NRW Meningat keterbatasan sumber daya yang ada perlu dilakukan analisa berdasarkan urgensi penanganan dan dampak terbesar untuk potensi penghematan air yang hilang; 4. Mengidentifikasi dan menganalisa SOP yang berkaitan dengan pengendalian NRW. Berdasarkan data SOP yang ada di Perumdam Tirta Tarum, belum terdapat SOP mengenai pelaksanaan tera meter, pelaksanaan monitoring tekanan. prosedur penangan anomaly, penanganan pemakaian air tidak wajar, dan SOP pendataan dan penanganan sambungan illegal;

PENUTUP

SPAM Cabang Karawang Perumdam Tirta Tarum pada akhir bulan Maret tercatat sebanyak 33.188 SR dengan total supply minimum sebesar 250,28 l/d yang terjadi pada pukul 02:00 malam dan supply maksimum sebesar 352,10 l/d pada pukul 18:00. Kehilangan air tahunan selama periode bulan April 2022 hingga Maret 2023 sebesar 23,96% dengan volume kehilangan cukup besar yakni 2.343.756 m³/12 bulan. Kehilangan fisik tergolong kategori kinerja C (kebocoran cukup parah). Secara keseluruhan ATR kinerja indicator Perumdam Tirta Tarum Cabang Karawang tergolong kategori C (kondisi ATR buruk). Berdasarkan analisa indikasi komponen-komponen penyebab NRW, rekomendasi program penurunan kehilangan air non fisik diantaranya inspeksi pemakaian tidak wajar, pelaksanaan survey dan pemutusan sambungan liar, sosialisasi, pendataan usia meter air pelanggan, pelaksanaan tera meter, pemasangan dan tata letak meter air. rekomendasi program penurunan kehilangan air fisik diantaranya kecepatan penanganan kebocoran, pendataan umur pipa, pemetaan potensi kebocoran fisik, rehabilitasi pipa, memperbaiki topologi jaringan, membentuk DMA, pencarian kebocoran aktif, dan penerapan system SCADA secara bertahap. Penelitian lanjutan perlu dilakukan terutama untuk analisa implementasi rekomendasi penanganan kehilangan air fisik maupun non fisik. Tiap program perlu dikaji lebih dalam kelayakannya baik secara teknis, finansial, maupun manfaatnya secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

AWWA, 2009. Loss Control Programs-Manual of Water Supply Practices, M36. American Water Works Association, Denver, USA.

- AWWA, 2016. M36 Water Audits and Loss Control Programs, fourth edition. American Water Works Association, USA
- Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan dan Direktorat Air Minum (2022), “Buku Kinerja Air Minum BUMD”, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Bagian distribusi (2022), “Laporan Tahunan Distribusi Tahun 2022, Perumdam Tirta Tarum Kabupaten Karawang”.
- Farley, M., & Liemberger, R. (2004), “Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy Part 2: Planning and Implementing the Strategy”, *Conference Proceedings, IWA World Water Congress* (pp. 19-24).
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., Singh, S., Dijk, N., ... & Kirkwood, E. (2008). The manager’s non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses. *Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development, Bangkok, Thailand.*
- Farouk, A. M., Rahman, R. A., & Romali, N. S. (2023). Non-revenue water reduction strategies: a systematic review. *Smart and Sustainable Built Environment*, 12(1), 181-199.
- Lambert, A., Taylor, R.. (2010), “Water Loss Guidelines. Water New Zealand”, New Zealand.
- Lenzi, C., Bragalli, C., Bolognesi, A., & Fortini, M. (2014). Infrastructure leakage index assessment in large water systems. *Procedia Engineering*, 70, 1017-1026.
- Mutikanga, H. E., Sharma, S. K., & Vairavamoorthy, K. (2011). Assessment of apparent losses in urban water systems. *Water and Environment Journal*, 25(3), 327-335.
- Seago, C., Bhagwan, J., & McKenzie, R. (2004). Benchmarking leakage from water reticulation systems in South Africa. *Water SA*, 30(5), 25-32.
- Shushu, U.P, Komakech, H.C, Arhin, D.D, Ferras, D., Kansal, M.L. (2021), “Managing Non-Revenue Water in Mwanza, Tanzania: A fast-growing sub-Saharan African city”, *Scientific African*, Vol. 12, e00830, ISSN 2468-2276.
- Vermersch, M., Carteado, F., Rizzo, A., Johnson, E., Arregui, F., & Lambert, A. (2016). Guidance notes on apparent losses and water loss reduction planning. *Unpublished report.*