

Studi Tingkat Kehilangan Air Minum Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang Dengan Neraca Air Wb-Easycalc dan *Infrastructure Leakage Indeks* (ILI)

Muhammad Sidiq Nur Harenda*, Ervin Nurhayati

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

*Koresponden email: m.sidiq.nur.h@gmail.com, ervin@its.ac.id

Diterima: 1 Oktober 2024

Disetujui: 8 Oktober 2024

Abstract

Perumda Air Minum Tirta Moedal, the manager of the drinking water supply system in the city of Semarang, is facing the challenge of controlling high water losses. In 2022, the company reported a water loss value or NRW of 48.41%. This NRW is much higher than the national NRW reduction target of 20%, so it is necessary to take measures to reduce NRW. This research aims to conduct a water balance analysis and Infrastructure Leakage Index (ILI) assessment to provide recommendations and evaluation of the water loss control programme implemented by Perumda Air Minum Tirta Moedal. The research method used is data analysis using the WB-EasyCalc application to obtain NRW and ILI values. In 2023, the amount of water distributed will be 103,830,494 m³. The collected water amounts to 54,384,744 m³. According to calculations based on the water balance, the water loss in 2023 will be 49,445,750 m³/year (47.62%). Based on the ILI assessment, Perumda Air Minum Tirta Moedal received a score of 44.7 with an average daily pressure of 11.2 metres. The ILI score indicates that Perumda Air Minum Tirta Moedal is in Category D, which means that there is an extraordinary waste of resources and that water loss must be controlled immediately. Recommendations for controlling water loss through evaluation and improvement of existing programmes. Programme improvements include DMA evaluation, customer meter survey and calibration, and pressure management improvements.

Keywords: *ILI, NRW, water balance, water loss*

Abstrak

Perumda Air Minum Tirta Moedal sebagai pengelola Sistem Penyediaan Air Minum di Kota Semarang menghadapi tantangan pengendalian kehilangan air yang tinggi. Pada tahun 2022 perusahaan mencatatkan nilai kehilangan air atau NRW sebesar 48,41%. Nilai NRW tersebut berada jauh di atas target penurunan NRW nasional yaitu 20%, maka perlu dilakukan langkah penurunan NRW. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis Neraca Air dan penilaian Infrastructure Leakage Indeks (ILI) sehingga dapat memberikan rekomendasi serta evaluasi program pengendalian kehilangan air yang telah dilakukan Perumda Air Minum Tirta Moedal. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis data dengan aplikasi WB-EasyCalc sehingga diperoleh nilai NRW dan ILI. Pada tahun 2023 jumlah air yang didistribusi adalah 103.830.494 m³. Sedangkan air yang dapat tertagih sebesar 54.384.744 m³. Sesuai perhitungan dengan neraca air kehilangan air pada tahun 2023 sebesar 49.445.750 m³/tahun (47,62%). Berdasarkan penilaian ILI Perumda Air Minum Tirta Moedal memperoleh nilai sebesar 44,7 dengan tekanan harian rata-rata 11,2 meter. Nilai ILI tersebut menunjukkan bahwa Perumda Air Minum Tirta Moedal termasuk dalam kategori D yaitu terjadi pemborosan sumber daya yang luar biasa dan harus segera melakukan pengendalian kehilangan air. Rekomendasi pengendalian kehilangan air dengan evaluasi dan meningkatkan program yang sudah ada. Peningkatan program meliputi evaluasi DMA, survei serta kalibrasi meter pelanggan, dan peningkatan manajemen tekanan.

Kata Kunci: *ILI, kehilangan air, neraca air, NRW*

1. Pendahuluan

Kehilangan air merupakan permasalahan umum yang masih dialami BUMD air minum di Indonesia. Buku Kinerja BUMD Air Minum tahun 2023, mencantumkan rata-rata *Non-Revenue Water* (NRW) nasional pada tahun 2022 adalah 33,90% [1]. Berdasarkan Permen PUPR Nomor 13/PRT/M/2013 tentang kebijakan dan strategi nasional pengembangan sistem penyediaan air minum, tingkat NRW rencana ditekan hingga 20% [1]. Sehingga masih terdapat gap sebesar 13,90% untuk mencapai target yang telah ditetapkan.

Penyediaan air minum yang memenuhi standar 3K dapat dicapai melalui Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), yang dirancang dengan mempertimbangkan variasi topografi, geografi, dan geologi.

Laporan Evaluasi Kinerja Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang pada tahun 2022 mencatatkan NRW sebesar 48,41% [2]. Berdasarkan laporan ini NRW Perumda Air Minum Tirta Moedal masuk dalam kategori sangat tinggi serta jauh dari target yang direncanakan. Perumda Air Minum Tirta Moedal harus segera mengevaluasi program pengendalian kehilangan air yang sudah dimiliki. Evaluasi menyeluruh dapat dilakukan sebagai acuan perbaikan yang dilakukan perusahaan. Langkah awal yang bisa dilakukan adalah melakukan audit air untuk mengetahui nilai NRW secara akurat. Audit air dapat dilakukan dengan metode yang umum digunakan yaitu Neraca Air.

NRW dapat dihitung menggunakan aplikasi Neraca Air WB-EasyCalc. Neraca air merupakan keseimbangan antara volume suplai air dan volume air terdistribusi [3]. Komponen utama penyusun neraca air adalah volume input sistem, konsumsi resmi, NRW, kehilangan air fisik dan kehilangan air non fisik [4].

Untuk mengetahui kinerja pengelolaan kehilangan air dapat dilakukan dengan menghitung *Infrastructure Leakage Index* (ILI). Menurut Farley et al ILI merupakan tolak ukur sejauh mana jaringan distribusi dikelola dengan baik meliputi perawatan, perbaikan, dan rehabilitasi untuk pengendalian kehilangan air fisik saat ini [4].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan identifikasi dan analisis komponen kehilangan air, melakukan penilaian kinerja pengendalian kehilangan air, dan menentukan langkah pengendalian NRW. Diharapkan neraca air yang telah disusun dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan strategi pengendalian kehilangan air.

2. Metode Penelitian

Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung pada saat pengamatan di lapangan. Pada penelitian ini data primer yang digunakan adalah hasil wawancara dan diskusi dengan Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang.

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang berasal dari pencatatan Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang pada tahun 2023. Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah:

- Gambaran umum wilayah penelitian
- Peta jaringan SPAM
- Volume produksi dan distribusi air minum
- Volume air minum terjual
- Jumlah pelanggan
- Jumlah sambungan ilegal
- Persentase salah pembacaan meter pelanggan
- Tekanan rata-rata harian
- Panjang pipa transmisi, distribusi, dan dinas
- Tingkat jam pelayanan
- Jumlah kegiatan perbaikan pipa, *wash out*, sambung baru, dan ganti meter
- Tarif rata-rata dan biaya operasional

Analisis dan Pengolahan Data

Secara umum tingkat kehilangan air dapat dihitung dengan persamaan:

$NRW = \text{volume input sistem} - \text{konsumsi resmi berekening}$

Perlu dilakukan analisis komponen lebih lanjut untuk menentukan detail air yang hilang dengan Neraca Air WB-EasyCalc.

Langkah analisis kehilangan air dengan Neraca Air WB-EasyCalc adalah sebagai berikut:

- Mengisi data volume input system
- Mengisi data konsumsi resmi (berekening dan tak berekening)
- Memperkirakan kehilangan air non fisik (sambungan illegal, ketidakakuratan meter, dan kesalahan pembacaan)
- Menghitung kehilangan air fisik (kebocoran pipa transmisi, distribusi, dan dinas)

Langkah selanjutnya adalah menentukan *Infrastructure Leakage Index* (ILI). ILI digunakan untuk menilai kinerja pengelolaan jaringan pipa serta menentukan Langkah prioritas yang harus dilakukan Perumda Air Minum Tirta Moedal untuk mengatasi kehilangan air fisik. ILI merupakan rasio antara volume kehilangan fisik tahunan (CAPL) dibanding volume kehilangan fisik tahunan minimal yang dapat dicapai (MAAPL). Langkah menghitung ILI adalah sebagai berikut:

- Menghitung MAAPL

$$\text{MAAPL (liter/hari)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$
- Menghitung CAPL (Neraca Air)
- Menghitung ILI (CAPL/MAAPL)
- Membandingkan ILI dengan matriks target kehilangan air fisik.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Neraca Air WB-EasyCalc

Neraca air adalah suatu metode untuk menghitung dan menganalisis volume air berdasarkan jenis pemakaian dan distribusi [5]. Penelitian ini menggunakan Neraca Air WB-EasyCalc untuk menganalisis tingkat kehilangan air dan kinerja pengendalian kehilangan air Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang. Analisa Neraca Air WB-EasyCalc merupakan langkah awal yang digunakan untuk menentukan strategi pengendalian kehilangan air[4]. Aplikasi Neraca Air WB-EasyCalc dikembangkan oleh *International Water Association* (IWA) dan World Bank dan telah digunakan oleh berbagai negara di dunia. Sehingga Neraca Air WB-EasyCalc telah menjadi acuan untuk menentukan tingkat kehilangan air pada perusahaan air minum dan sebagai tolak ukur kinerja perusahaan.

Langkah analisis Neraca Air WB Easy-Calc adalah sebagai berikut

- Mengisi data volume input sistem distribusi
 Volume input sistem merupakan jumlah air yang terdistribusi ke pelanggan melalui sistem jaringan pipa. Perumda Air Minum Tirta Moedal menggunakan flow meter terkalibrasi untuk mencatat jumlah air yang di distribusikan ke pelanggan. Jenis flow meter yang digunakan adalah magnetic, ultrasonic, dan turbin flow meter. Sumber air baku Perumda Air Minum Tirta Moedal berasal dari mata air, sumur dalam, dan air permukaan. Pada tahun 2023 total air yang terdistribusi adalah 103.830.494 m³. Volume air terdistribusi paling banyak adalah bulan Agustus dengan jumlah 8.994.064 m³. volume air terdistribusi paling sedikit adalah bulan Februari dengan jumlah 7.607.932 m³. Data volume air terdistribusi Perumda Air Minum Tirta Moedal tiap bulan pada tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Volume Air Terdistribusi Perumda Air Minum Tirta Moedal Tahun 2023

No.	Bulan	Volume (m3)
1	Januari	8.412.698
2	Februari	7.607.932
3	Maret	8.757.909
4	April	8.439.678
5	Mei	8.857.084
6	Juni	8.607.792
7	Juli	8.903.760
8	Agustus	8.994.064
9	September	8.658.385
10	Oktober	8.982.214
11	November	8.676.541
12	Desember	8.932.437
	Total	103.830.494

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

- Mengisi data konsumsi resmi
 Konsumsi resmi terdiri dari konsumsi resmi berekening dan konsumsi resmi tak berekening. Konsumsi resmi berekening merupakan volume air yang terjual kepada pelanggan terdiri dari konsumsi bermeter berekening dan konsumsi tak bermeter berekening. Konsumsi bermeter berekening mencakup volume air terjual ke pelanggan yang dihitung menggunakan meter air. Konsumsi tak bermeter berekening merupakan pendapatan resmi perusahaan selain penjualan air

yang melewati meter. Salah satu contoh konsumsi tak bermeter berekening adalah denda pelanggan yang melakukan sambungan ilegal dan denda tunggakan sambung kembali. Rincian konsumsi resmi Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Konsumsi Resmi Berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal Tahun 2023

No.	Konsumsi Bermeter Berekening		Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
	Keterangan	Volume (m ³)	Keterangan	Volume (m ³)
1	Rekening air pelanggan	54.300.837	Denda Pelanggan	35.230
2	Penjualan Air Tangki	4.027		
3	Flushing JDU SPAM Semarang Barat	44.650		
	Total	54.349.514		35.230

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Total air terjual pada konsumsi bermeter berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 adalah 54.349.514 m³. Air terjual paling banyak pada bulan September sebesar 4.722.437 m³. Air terjual paling sedikit pada bulan Maret sebesar 4.140.356 m³. Selain air terjual melalui sistem perpipaan Perumda Air Minum Tirta Moedal menjual air dengan mobil tangki sebesar 4.027 m³. Pada tahun 2023 terdapat kegiatan pemasangan Jaringan Distribusi Utama SPAM Semarang Barat sehingga dibutuhkan air untuk uji tekan dan *flushing* pipa sebesar 44.650 m³. Pemasukan lain Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah dari denda pelanggan sebesar 35.230 m³.

Konsumsi resmi tak berekening merupakan konsumsi yang sah akan tetapi tidak ditagihkan kepada pelanggan sehingga tidak menghasilkan pemasukan bagi perusahaan. Perumda Air Minum Tirta Moedal mencatatkan konsumsi resmi tak berekening sebagai berikut bantuan masyarakat, bantuan mobil tangki, anak perusahaan air minum dalam kemasan, dan tapping Kabupaten Semarang. Data konsumsi resmi tak berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Konsumsi Resmi Tak Berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal 2023

No.	Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Volume (m ³)
1	Bantuan masyarakat sekitar	722.693
2	Bantuan mobil tangki air	11.036
3	Produksi air minum dalam kemasan	4.986
4	Tapping Kabupaten Semarang	1.411.973
	Total	2.150.688

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2023

Perumda Air Minum Tirta Moedal melayani konsumsi bermeter tak berekening dengan volume total 2.150.688 m³. Adapun rincian konsumsi bermeter tak berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah bantuan masyarakat sekitar 722.693 m³, bantuan mobil tangki air 11.036 m³, produksi air minum dalam kemasan 4.986 m³, dan tapping Kabupaten Semarang 1.411.973 m³.

- **Memperkirakan kehilangan air non fisik**

Menurut Farley et al. kehilangan air non fisik atau komersial dapat dikategorikan menjadi 4 (empat) lingkup yaitu tidak akuratan meter pelanggan, konsumsi tak resmi, kesalahan pembacaan meter, dan kesalahan penanganan data atau pembukuan. Sementara itu, Romdloni et al. menyampaikan bahwa kehilangan air komersial merupakan air hilang dan tidak terlihat [3]. Sering ditemukan kasus air telah melewati meter akan tetapi pembacaan meter tidak akurat. Penurunan kehilangan air komersial akan meningkatkan volume tertagih dan menambah pendapatan perusahaan. Pencurian air atau konsumsi tak resmi biasanya dilakukan oleh pelanggan dan mantan pelanggan [5]. Data kehilangan air komersial Perumda Air Minum Tirta Moedal dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Konsumsi Tak Resmi Perumda Air minum Tirta Moedal 2023

No.	Jenis Konsumsi Tak Resmi	Estimasi Jumlah	Volume (m ³)
1	Sambungan tak resmi rumah tangga	115	33.244
2	Sambungan tak resmi lainnya	259	170.449
3	Tampering meter / bypass pelanggan resmi	1.968	163.777
Total		2.342	367.468

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Pada tahun 2023 Perumda Air Minum Tirta Moedal tercatat menemukan sambungan tak resmi rumah tangga sebanyak 115 SR dengan volume 33.244 m³. Sambungan tak resmi lainnya merupakan estimasi dari pelanggan non domestik yaitu 259 SR dengan volume 170.449 m³. Perkiraan tampering atau bypass meter oleh pelanggan resmi adalah 1.968 SR dengan volume 163.777. Konsumsi rata-rata pelanggan Perumda Air minum Tirta Moedal tahun 2023 adalah 198 liter/orang/hari.

- Menghitung kehilangan air fisik

Kehilangan air fisik merupakan kehilangan air secara nyata (real losses) karena air keluar dari sistem sehingga air tidak dapat dijual ke pelanggan [6]. Kategori kehilangan air fisik yaitu kebocoran pada pipa induk dan perlengkapannya, kebocoran pada pipa dinas hingga meter pelanggan, dan luapan atau limpasan reservoir [3]. Analisa komponen kehilangan air fisik dapat diestimasi dan di masukkan ke dalam konsumsi tak bermeter tak berekening. Komponen kehilangan air fisik antara lain *wash out*, sambung baru, ganti meter, perbaikan kebocoran, dan *background losses*. Data konsumsi tak resmi tak berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Konsumsi Tak Resmi Tak Berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal 2023

No.	Konsumsi Tak Resmi Tak Berekening	Volume (m ³)
1	<i>Wash out</i>	1.447
2	Sambung baru	1.815
3	Ganti meter	4.022
4	Perbaikan kebocoran pipa	82.155
5	<i>Background losses</i>	2.211
Total		91.650

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Total estimasi konsumsi tak resmi tak berekening Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 adalah 91.650 m³. Kegiatan dengan volume air hilang terbesar hingga terkecil adalah perbaikan kebocoran pipa sebesar 82.155 m³, ganti meter sebesar 4.022 m³, *background losses* sebesar 2.211 m³, sambung baru sebesar 1.815 m³, dan *wash out* sebesar 1.447 m³. Estimasi konsumsi tak resmi tak berekening didapatkan dari catatan pekerjaan selama tahun 2023.

Setelah dilakukan analisis komponen maka akan didapatkan kehilangan air fisik yang sesungguhnya. Neraca air tahun 2023 Perumda Air Minum Tirta Moedal diperoleh setelah semua data di masukan ke dalam aplikasi WB EasyCalc. Aplikasi akan secara otomatis menghitung tingkat kehilangan air dengan margin eror yang sudah ditetapkan sebelumnya melalui analisis dan kesepakatan perusahaan. Tingkat akurasi data yang di masukan dalam neraca air minimal 95% dengan 5% kemungkinan kesalahan yang dapat di toleransi[4]. Neraca air Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Pada tahun 2023 Perumda Air Minum Tirta Moedal memasok air pada sistem penyediaan air minum sebesar 103.830.494 m³/tahun. Volume air yang dapat terbagih atau terbayar sebagai pemasukan perusahaan adalah 54.384.774 m³/tahun. Sedangkan air yang hilang atau *Non-revenue water* (NRW) sebesar 49.445.750 m³/tahun atau sebesar 47,62 %. Tingginya faktor kehilangan air disebabkan oleh umur pipa yang tua, kebocoran yang tidak terlihat, dan pipa yang masih terhubung dengan jalur lain[7]. Jumlah NRW apabila dikonversi ke nilai uang dengan tarif rata-rata Rp. 5.842,98/m³ adalah sebesar Rp. 288.910.528.335.

Tabel 6. Neraca Air Perumda Air Minum Tirta Moedal 2023

Volume Input System 103.830.494 m ³ /tahun (100%)	Konsumsi Resmi 56.624.871 m ³ /tahun (54,53%)	Konsumsi Resmi Berekening 54.384.744 m ³ /tahun (58,38%)	Konsumsi Bermeter Berekening 54.349.514 m ³ /tahun	Air Berekening 54.384.744 m ³ /tahun (52,38%)	
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening 35.230 m ³ /tahun		
	Kehilangan Air 47.203.412 m ³ /tahun (45,47%)	Konsumsi Resmi Tak Berekening 2.242.338 m ³ /tahun (2,15%)		Konsumsi Bermeter Tak Berekening 2.150.688 m ³ /tahun	Air Tak Berekening 49.445.750 m ³ /tahun (47,62%)
				Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 91.650 m ³ /tahun	
			Kehilangan Air Non Fisik 4.485.542 m ³ /tahun (4,32%)	Konsumsi Tak Resmi 367.468 m ³ /tahun	
			Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 4.118.074 m ³ /tahun		
		Kehilangan Air Fisik 42.717.870 m ³ /tahun (41,15%)			

Sumber: Analisa Penulis, 2024

Analisis Infrastructure leakage Index (ILI)

Salah satu indikator untuk menentukan kinerja pengendalian kehilangan air fisik dan pengelolaan jaringan pipa adalah *Infrastructure Leakage Index* (ILI)[4]. ILI merupakan perbandingan antara CAPL (*Current Annual Volume of Physical Losses*) dengan MAAPL (*Minimum Achievable Annual Physical Losses*). CAPL merupakan volume kehilangan fisik pada saat ini selama satu tahun. MAAPL adalah kehilangan air fisik minimum yang dapat dicapai dalam satu tahun [5].

Untuk menghitung ILI dibutuhkan data jaringan pipa, tekanan harian rata-rata, dan jam pelayanan. Total Panjang pipa distribusi Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah 3.533,9 km. Panjang rata-rata pipa dinas dari batas persil ke meter pelanggan adalah 3 m. Jumlah sambungan yang terdaftar adalah 225.836 SR dengan 187.471 SR aktif dan 38.365 SR non-aktif. Data panjang pipa Perumda Air Minum Tirta Moedal tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Panjang Pipa Perumda Air Minum Tirta Moedal 2023

No.	Jenis Pipa	Panjang (km)
1	Pipa Transmisi	94,8
2	Pipa Distribusi Utama	353,8
3	Pipa Distribusi Bagi	2.917
4	Pipa Dinas	794

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Tekanan rata-rata Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah 11,2 meter air (1,2 atm) dengan rata-rata tekanan tertinggi pada cabang Selatan 13,9 meter air (1,3 atm) dan tekanan terendah cabang utara 6,2 meter air (0,6 atm). Data tekanan tiap cabang Perumda Air Minum Tirta Moedal dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Tekanan Rata-Rata Harian Perumda Air Minum Tirta Moedal 2023

No	Cabang	Jumlah SR	Tekanan Rata-Rata Harian (m)
1	Selatan	41.610	13,9
2	Barat	44.319	13,7
3	Timur	60.291	11,0
4	Utara	41.251	6,2
Total / Rata-Rata		187.471	11,2

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Rata-rata jam pelayanan Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah 20,4 jam/hari. Dengan jam layanan tertinggi pada cabang timur yaitu 23,2 jam/hari dan rata-rata jam pelayanan terendah pada cabang Selatan yaitu 17,1 jam/hari. Data rata-rata jam pelayanan Perumda Air Minum Tirta Moedal per cabang tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Jam Pelayanan Rata-Rata Perumda Air Minum Tirta Moedal 2023

No	Cabang	Jumlah SR	Waktu Pelayanan (hari/minggu)	Jam Pelayanan (jam/hari)
1	Selatan	41.610	7	17,1
2	Barat	44.319	7	18,2
3	Timur	60.291	7	23,2
4	Utara	41.251	7	22,0
Total/Rata-Rata		187.471	7	20,4

Sumber: Perumda Air Minum Tirta Moedal, 2024

Langkah menentukan Infrastructure Leakage Index (ILI) adalah sebagai berikut:

- Menghitung MAAPL

Dalam Farley, 2008 komponen awal MAAPL yang kompleks telah diubah menjadi lebih sederhana. Format ini menggunakan satu tekanan yang telah ditentukan sebelumnya agar penggunaan lebih praktis.

$$\text{MAAPL (liter/hari)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

Keterangan:

L_m = Panjang pipa utama (km)

N_c = Jumlah sambungan pelanggan

L_p = Total panjang pipa dinas (km)

P = Tekanan rata-rata (m)

(1)

Maka,

$$\begin{aligned} \text{MAAPL (liter/hari)} &= (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \\ &= (18 \times 3.533,9 + 0,8 \times 187.471 + 25 \times 794) \times 11,2 \\ &= 2.614.494,4 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

- Menghitung CAPL

Menurut Farley (2008) CAPL adalah kehilangan air fisik dalam satu tahun sesuai dengan hasil perhitungan neraca air.

$$\text{CAPL (m}^3\text{/tahun)} = \text{Kehilangan air fisik periode satu tahun}$$

(2)

Maka,

$$\text{CAPL (m}^3\text{/tahun)} = 42.717.870 \text{ m}^3\text{/tahun}$$

- Menghitung ILI

ILI merupakan rasio antara CAPL dibanding MAAPL.

$$\text{ILI} = \frac{\text{CAPL}}{\text{MAAPL}}$$

(3)

Maka,

$$\begin{aligned} \text{ILI} &= \frac{42.717.870 \text{ m}^3\text{/tahun}}{954.290,46 \text{ m}^3\text{/tahun}} \\ &= 44,74 \end{aligned}$$

- Membandingkan ILI dengan matriks target kehilangan air fisik.

Nilai ILI yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 44,74 dengan tekanan rata-rata sebesar 11,2 meter. Hasil perhitungan yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam matriks perhitungan kehilangan air fisik pada Tabel 10.

Tabel 10. Matriks Perhitungan Kehilangan Air Fisik

Kategori Kinerja Teknis	ILI	Kehilangan Air Fisik (liter/sambungan/hari) (ketika sistem dalam tekanan) Tekanan Rata-Rata					
		10m	20m	30m	40m	50m	
		Negara Maju	A	1-2	<50	<75	<100
	B	2-4	50-100	75-150	100-200	125-250	
	C	4-8	100-200	150-300	200-400	250-500	
	D	>8	>200	>300	>400	>500	
Negara Berkembang	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	

Sumber: Farley, 2008

Keterangan:

- Kategori A (Baik): Penurunan kehilangan air kemungkinan tidak ekonomis dan dibutuhkan analisa untuk identifikasi perbaikan yang efektif secara pembiayaan.
- Kategori B (Berpotensi): Dapat melakukan perbaikan nyata dengan mempertimbangkan manajemen tekanan, pengendalian kebocoran aktif, dan pemeliharaan.
- Kategori C (Lemah): Hanya dapat ditoleransi dengan melimpahnya sumber air dengan harga murah, kemudian melakukan identifikasi penurunan NRW.
- Kategori D (Buruk): Perusahaan menggunakan sumber daya dengan tidak efisien dan harus segera melaksanakan program penurunan NRW.

Berdasarkan hasil perhitungan ILI dan data tekanan rata-rata harian Perumda Air Minum mendapatkan skor ILI 44,7 dan memiliki tekanan rata-rata harian 11,2 meter. Sehingga berdasarkan Tabel 10. kategori kinerja teknis Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah D pada golongan negara berkembang dengan rasio ILI >16. Rata-rata tekanan harian Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah 11,2 meter sehingga dengan kategori kinerja teknis D pada negara berkembang kehilangan air fisik >200 liter/sambungan/hari. Kategori D berarti Perumda Air Minum Tirta Moedal menggunakan sumber daya secara tidak efisien dan harus segera melakukan penurunan NRW. Menurut Pratama (2023), Strategi pengendalian air yang hilang dapat dilakukan dengan penertiban sambungan illegal, penyalahgunaan aksesoris, perusakan meter air, meningkatkan keakuratan meter air, dan menghindari kesalahan penanganan data [8].

Perumda Air Minum Tirta Moedal telah mempunyai bagian Pengendalian Kehilangan Air (PKA) yang rutin melaksanakan program penurunan kehilangan air. Kegiatan penurunan kehilangan air Perumda Air Minum Tirta Moedal antara lain:

- Manajemen tekanan dan aliran
- Pemantauan meter induk
- Pencarian kebocoran aktif
- Patroli dan penanganan sambungan ilegal
- Perbaikan dan rehabilitasi kebocoran pipa
- Melaksanakan step test
- Membentuk dan mengelola *District Meter Area* (DMA)

Rekomendasi dari hasil evaluasi kegiatan pengendalian kehilangan air Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah

- Melakukan evaluasi DMA terbentuk
Pembentukan DMA merupakan salah satu langkah efektif untuk mengurangi tingkat kehilangan air fisik[9]. Evaluasi dan optimalisasi DMA perlu dilakukan secara berkelanjutan. Dengan terus bertambahnya jumlah pelanggan pada satu zona layanan merupakan tantangan untuk mempertahankan DMA tetap terisolasi. DMA yang sudah terbentuk harus dipastikan terisolasi dengan sempurna sehingga pemantauan kehilangan air dapat dilakukan dengan mudah dan maksimal. Setelah DMA terisolasi sempurna dapat dilanjutkan dengan kegiatan *Active Leakage Control* (ALC). Kegiatan ALC dilakukan berdasarkan hasil laporan neraca air pada DMA yang memiliki kehilangan air tinggi [3].

- Penerapan Smart Water System
Penggunaan SPAM cerdas memungkinkan sistem beroperasi secara optimal, menghasilkan kinerja terbaik dalam waktu singkat dengan efektivitas dan efisiensi maksimal. Efisiensi dalam sistem penyediaan air dapat dicapai melalui penerapan sistem cerdas dengan pemanfaatan SCADA untuk pemantauan jaringan secara online dan real time[10].
- Survei akurasi meter air
Untuk mengetahui kehilangan air komersial atau non-fisik perusahaan dapat melakukan survei akurasi meter air secara berkala pada tiap DMA[3]. Survei akurasi dapat diprioritaskan pada meter air berusia >10 tahun atau meter air dengan pembacaan stan tinggi dan pemakaian air tinggi. Akurasi meter air yang terpasang tidak boleh melebihi dua kali batas kesalahan maksimum yang diizinkan, yaitu sebesar 5%[11].
- Manajemen tekanan
Menurut Muliawati et al. rekomendasi peningkatan DMA dapat dilakukan dengan peningkatan tekanan pada titik kritis dengan memasang pipa paralel dan manajemen tekanan dengan memasang PRV [12]. Penerapan manajemen tekanan yang efektif dan efisien dapat menurunkan tingkat kebocoran dan menjaga semua pelanggan tetap memperoleh suplai air bersih sesuai standar pelayanan [13]. Hubungan tekanan dan kehilangan air dapat diukur dengan metode *Fixed And Variable Area Discharge* (FAVAD) dengan hasil jika tekanan turun kebocoran akan berkurang [14].
- Penguatan Kelembagaan
Penguatan kelembagaan yang dapat dilakukan adalah dengan memperbaiki unsur tata kelola, administrasi, manajemen finansial, manajemen organisasi, dan manajemen SDM[15].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada tahun 2023 Perumda Air Minum Tirta Moedal mencatatkan kehilangan air sebesar 47,62% atau setara dengan 49.445.750 m³. Nilai tersebut masih sangat jauh dari target nasional yaitu 20%. Hasil perhitungan ILI Perumda Air Minum Tirta Moedal mendapatkan nilai 44,7 dengan rata-rata tekanan 11,2 meter. Berdasarkan matriks perhitungan kehilangan air diketahui bahwa Perumda Air Minum Tirta Moedal termasuk dalam kategori D yaitu Perusahaan menggunakan sumber daya dengan tidak efisien dan harus segera melaksanakan program penurunan NRW. Rekomendasi peningkatan pengendalian kehilangan air minum adalah melakukan evaluasi DMA, survei akurasi meter air, dan manajemen tekanan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Kementerian PUPR, “Peraturan Menteri PUPR Nomor 13/PRT/M/2013 Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan SPAM,” Jakarta, 2013. [Online]. Available: www.djpp.kemendikhumham.go.id
- [2] BPKP, “Laporan Evaluasi Kinerja Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang Tahun 2022,” Semarang, Jun. 2023.
- [3] A. Romdloni, A. Ahyar, and E. S. Soedjono, “Studi Kehilangan Air Fisik Dan Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus PDAM Kota Malang),” *Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 1189–1201, 2021.
- [4] M. Farley, *The Manager’s Non Revenue Water Handbook For Africa A Guide To Understanding Water Losses*. Africa: Development Alternatives Inc, 2010.
- [5] A. F. Pradana and A. Yuniarto, “Analisis Kehilangan Air Dengan Metode Neraca Air Dan Infrastructure Leakage Index (ILI) Pada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya,” *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 9, no. 1, pp. 103–112, 2023.
- [6] A. Hatma, M. Sundoro, and E. Setiadi Soedjono, “Studi Penurunan Tingkat Kehilangan Air Fisik DMA GBR III Cisarua Kabupaten Bandung Barat Perumda Air Minum Tirta Raharja,” *Jurnal Darma Agung*, vol. 31, no. 1, pp. 848–859, 2023.
- [7] M. A. F. Hidayat, “Analisis District Meter Area Dalam Menurunkan Tingkat Kehilangan Air Kawasan Pasar Perumda Tirta Mayang Kota Jambi,” Jambi, 2022.
- [8] H. A. Pratama, E. S. Soedjono, and A. Syaiful Rahman, “Evaluasi Jaringan Distribusi Utama Pada Booster Banua Anyar Sebagai Upaya Penurunan Angka Kehilangan Air, Studi Kasus: PDAM Banjarmasin, Kalimantan Selatan,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2023.
- [9] A. N. Annisa and W. Hadi, “Studi Literatur Perencanaan dan Algoritma Pembentukan DMA (District Meter Area),” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 93–98, 2015.

- [10] A. Masduqi, “Implementasi Smart Water Supply Systems Untuk Meningkatkan Pelayanan Air Minum Yang Prima,” 2023, *Syrabaya*. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/371116528>
- [11] N. S. H. Najah, A. Yuniarto, and Bustami, “Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air pada District Meter Area Bambang Utoyo di Perumda Tirta Musi Kota Palembang,” *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 12, no. 1, pp. 106–115, 2024.
- [12] S. Muliawati, D. S. Hastuti, and E. S. Soedjono, “Studi District Meter Area (DMA) Norogtog Perumda Air Minum Tirta Raharja Kabupaten Bandung Untuk Pengendalian Kehilangan Air,” *Jurnal Darma Agung*, vol. 31, no. 1, pp. 912–921, 2023.
- [13] F. A. Harahap, E. Nurhayati, and A. Ahyar, “Studi Kehilangan Air pada DMA Perum III di Wilayah Pelayanan Pontianak Timur Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa,” *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 15, no. 2, pp. 129–135, 2023, [Online]. Available: <http://envirotek.upnjatim.ac.id/>
- [14] N. K. Suharno, A. Yuniarto, and G. N. R. Pandin, “Pengendalian Kehilangan Air DMA 04 Pusat Perumda Air Minum Kota Padang,” *Jurnal Darma Agung*, vol. 32, no. 1, pp. 255–266, 2024, doi: 10.46930/ojsuda.v32i1.4018.
- [15] M. Huda, “Analisis District Meter Area (DMA) di Area Pelayanan Utara Perumda Air Minum Kota Padang Untuk Penurunan Kehilangan Air,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2024.