



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business  
(RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 3 (2025) pp: 2280-2290

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Analisa Tingkat Kehilangan Air (*Water Losses*) pada Jaringan Distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu Tahun 2024

Nopri Yadi<sup>1</sup>, Meilani Belladona<sup>2</sup>, Edito Dwiantoro<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu

[nopriadi@bkl@gmail.com](mailto:nopriadi@bkl@gmail.com)<sup>1</sup>, [meilanibelladona@gmail.com](mailto:meilanibelladona@gmail.com)<sup>2</sup>, [editodwiantoro@gmail.com](mailto:editodwiantoro@gmail.com)<sup>3</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kehilangan air (*water losses*) dan efisiensi jaringan distribusi air pada PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu tahun 2024. Kehilangan air merupakan selisih antara volume air yang didistribusikan dengan volume air yang tercatat dalam rekening pelanggan, yang dapat berdampak signifikan terhadap kinerja teknis dan finansial perusahaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan neraca air dan perhitungan indeks kebocoran (*Infrastructure Leakage Index/ILI*). Data diperoleh melalui observasi, wawancara, serta dokumentasi dari instansi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata volume air yang didistribusikan PDAM sebesar 474.493,67 m<sup>3</sup>/bulan, sedangkan volume air yang tercatat sebagai konsumsi pelanggan hanya 230.866,3 m<sup>3</sup>/bulan. Selisih sebesar 243.627,37 m<sup>3</sup>/bulan ini menunjukkan tingkat kehilangan air mencapai 51,35% atau setara dengan 2.923.532 m<sup>3</sup>/tahun. Jika dikalikan dengan tarif Rp3.500/m<sup>3</sup>, maka potensi kerugian finansial mencapai Rp10.232.362.500. Selain itu, nilai *Infrastructure Leakage Index (ILI)* yang diperoleh sebesar 5,04, jauh di atas standar efisiensi (<2), yang mengindikasikan bahwa sistem distribusi berada dalam kondisi tidak efisien dan memerlukan tindakan perbaikan segera. Faktor penyebab kehilangan air meliputi kebocoran teknis pada jaringan perpipaan, kesalahan pencatatan meter pelanggan, serta tidak tepatnya dalam manajemen sistem distribusi. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi menyeluruh dan strategi penanganan terpadu untuk menurunkan tingkat kehilangan air dan meningkatkan efisiensi pelayanan PDAM.

**Kata Kunci:** Kehilangan Air, PDAM Tirta Hidayah, Neraca Air, *Infrastructure Leakage Index*, Kota Bengkulu.

### 1. Pendahuluan

Semua kegiatan manusia dari kebutuhan pangan hingga pertumbuhan industri memerlukan air, dengan jumlah yang cukup dan dengan kualitas yang sesuai dengan kebutuhannya. Artinya, air tidak hanya diperlukan sebagai bahan kebutuhan pokok, tetapi juga diperlukan sebagai komoditi ekonomi, dalam hal ini air memiliki nilai ekonomis, baik bagi golongan rumah tangga untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari, maupun dalam bidang industri untuk kegiatan produksi. (Relations & Baru, 2018).

Kebutuhan akan air bersih suatu daerah cenderung akan meningkat seiring meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk yang berada di daerah tersebut, Serta kesehatan akan masyarakat akan lebih baik apabila mengonsumsi air bersih yang dikelola secara higienis serta diusahakan oleh Perusahaan Air Minum (PDAM).

Kehilangan air atau biasa disebut *water losses* merupakan tolak ukur penting untuk mengukur optimalisasi sistem pelayanan distribusi air minum yang dilakukan oleh PDAM Tirta Hidayah karena apabila tingkat kehilangan air semakin tinggi, maka semakin besar pula beban kerugian yang dialami oleh PDAM Tirta Hidayah dan konsumen. Kerugian yang diderita oleh PDAM Tirta Hidayah dapat berupa kerugian ekonomi dan finansial, sedangkan kerugian yang diderita oleh konsumen yaitu berupa terganggunya kapasitas dan kontinuitas pelayanan pendistribusian air minum (Silvia, 2021).

Kehilangan air adalah selisih antara jumlah air yang diproduksi dengan jumlah air yang terjual. Terdapat 2 faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kehilangan air, yaitu faktor teknis dan non teknis. Faktor teknis sendiri bisa disebabkan karena adanya kebocoran pipa, sedangkan untuk non teknis disebabkan adanya kelalaian petugas dan kelemahan administrasi. Dalam suatu sistem penyediaan air minum tidak seluruhnya air yang diproduksi akan sampai pada konsumen. Hal itu terjadi karena adanya kebocoran pada pipa atau limpahan air dari tanki reservoir.

Kehilangan air merupakan masalah yang sering dialami oleh PDAM di Indonesia, salah satunya PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu (Relations & Baru, 2018).

PDAM Tirta Hidayah merupakan perusahaan air minum yang ada di Kota Bengkulu. PDAM Tirta Hidayah memiliki beberapa sumber mata air, yaitu sumber mata air Jenggalu, air Nelas, sungai Muara Bangkahulu dan lain sebagainya. Dalam meningkatkan pelayanan penyediaan air minum PDAM berupaya untuk mengoptimalkan sistem penyediaan air minum dengan menurunkan tingkat kehilangan air baik fisik maupun non fisik. Pada umumnya PDAM di Provinsi Bengkulu tidak berbeda dengan PDAM di Provinsi lainnya yakni masih dalam tingkat pelayanan (*coverage level*) yang rendah dan tingkat kehilangan air (*water losses*) yang cukup tinggi (Masyhadiah, 2019).

Tingginya tingkat kehilangan air rata-rata PDAM Tirta Hidayah Air Minum, di daerah Bengkulu yang mencapai lebih dari 20% umumnya terjadi pada sistem jaringan distribusi air bersih, salah satunya terjadi di PDAM Air Minum Tirta Hidayah dengan tingkat kehilangan air sebesar 38%. (PDAM Tirta Hidayah, 2024) Masalah kehilangan air ini akan mempengaruhi kinerja pelayanan PDAM Air Minum Tirta Hidayah (Prasetya, 2018).

Kehilangan air yang terjadi pada PDAM umumnya disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu kehilangan fisik (*physical losses*) dan kehilangan non-fisik (*commercial losses*). Kehilangan fisik terjadi akibat kebocoran pipa distribusi, sambungan pipa yang tidak rapat, kerusakan pada katup atau valve, serta kebocoran pada tangki reservoir akibat material yang sudah menua. Sedangkan kehilangan non-fisik umumnya disebabkan oleh kesalahan pencatatan meter air, pencurian air, sambungan ilegal, serta administrasi penagihan yang tidak akurat. Di PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu, kedua jenis kehilangan ini terjadi secara bersamaan, namun kontribusi terbesar berasal dari kehilangan fisik pada jaringan distribusi yang terhubung langsung dengan tangki reservoir.

Selain itu, kapasitas tangki reservoir yang dimiliki PDAM Tirta Hidayah sangat memengaruhi kestabilan tekanan air dalam jaringan distribusi. Tekanan air yang terlalu tinggi dapat memperbesar risiko kebocoran pada titik-titik lemah pipa, sementara tekanan yang terlalu rendah dapat menyebabkan distribusi tidak merata dan mendorong masyarakat untuk membuat sambungan ilegal. Oleh karena itu, pengaturan operasional reservoir, termasuk pengisian dan pengurasan berkala, menjadi salah satu strategi penting untuk mengurangi tingkat kehilangan air. Upaya ini harus diimbangi dengan pemantauan volume air masuk dan keluar dari reservoir secara real-time menggunakan sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) atau teknologi pemantauan modern lainnya.

Dari sisi operasional, PDAM Tirta Hidayah telah menerapkan beberapa program penurunan kehilangan air, seperti zonasi distribusi (*District Metered Area/DMA*), pemasangan meter induk pada tiap zona, serta inspeksi berkala pada pipa transmisi dan distribusi. Tangki reservoir yang terletak di zona distribusi utama juga menjadi titik kontrol penting untuk mengukur selisih antara air yang disalurkan dengan air yang terjual. Namun, data menunjukkan bahwa meskipun program ini berjalan, tingkat kehilangan air masih berada di angka 38%, yang berarti masih jauh dari target nasional Kementerian PUPR yang menetapkan batas kehilangan air maksimum sebesar 20% untuk PDAM di Indonesia.

Faktor lingkungan juga turut memengaruhi tingkat kehilangan air. Kota Bengkulu yang memiliki curah hujan tinggi serta kondisi tanah yang lembab membuat kebocoran pada jaringan pipa lebih sulit terdeteksi karena air yang keluar dari pipa akan bercampur dengan air tanah. Selain itu, keberadaan pipa yang sudah berusia lebih dari 20 tahun di beberapa wilayah distribusi membuat risiko kebocoran semakin besar. Keadaan ini diperparah dengan kondisi beberapa tangki reservoir yang membutuhkan rehabilitasi struktural karena retakan kecil yang sulit terdeteksi, namun dalam jangka panjang berkontribusi terhadap kehilangan air yang signifikan.

Upaya pengurangan kehilangan air tidak hanya berkaitan dengan aspek teknis, tetapi juga memerlukan manajemen yang baik dan edukasi kepada pelanggan. PDAM Tirta Hidayah dapat mengadakan kampanye kesadaran kepada masyarakat tentang pentingnya pelaporan kebocoran, larangan sambungan ilegal, serta manfaat menjaga keberlanjutan pasokan air bersih. Dengan pendekatan terpadu antara perbaikan teknis pada jaringan pipa dan tangki reservoir, optimalisasi sistem pemantauan, serta partisipasi aktif masyarakat, diharapkan tingkat kehilangan air di PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu dapat ditekan hingga mencapai standar pelayanan air minum nasional.

Seiring dengan meningkatnya permintaan sambungan air bersih sebanyak 13.825 sambungan pelanggan tahun 2024 dan karena dampak kehilangan air (*water losses*) pada jaringan distribusi, masyarakat Kota Bengkulu mengajukan pemasangan langganan sambungan air ke PDAM Perumda Tirta Hidayah zona 3 Kota Bengkulu tahun 2024.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian tentang perubahan dan nilai kehilangan air di PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu

## 2. Metode Penelitian

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perumda Air Minum Tirta Hidayah Kota Bengkulu yang beralamat di Jl. Hibrida XV No. 81, Kelurahan Sidomulyo, Kecamatan Gading Cempaka, Kota Bengkulu. Lokasi penelitian dipilih karena PDAM ini memiliki tingkat kehilangan air yang tergolong tinggi, yakni sebesar 38%, melebihi batas toleransi nasional sebesar 20%. Penelitian berlangsung selama tiga bulan, dimulai pada awal April 2025 hingga akhir Juni 2025, yang mencakup tahap persiapan, pengumpulan data, analisis, dan penyusunan laporan hasil penelitian.

### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis tingkat kehilangan air (water losses) pada sistem distribusi PDAM Tirta Hidayah. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran numerik yang akurat terkait kehilangan fisik maupun non-fisik, serta mengevaluasi kinerja sistem menggunakan metode Neraca Air dan Infrastructure Leakage Index (ILI).

### Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, wawancara terstruktur dengan pegawai PDAM bagian perencanaan dan operasional, serta dokumentasi visual terhadap kondisi jaringan pipa, sambungan pelanggan, dan tangki reservoir. Data sekunder diperoleh dari arsip resmi PDAM Tirta Hidayah yang meliputi: debit input, debit output, tekanan jaringan, peta jaringan distribusi, volume air yang diproduksi, volume air yang terjual, jumlah dan jenis pelanggan, serta rata-rata tarif air.

Kriteria teknis yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 mengenai desain jaringan distribusi air minum, seperti kecepatan aliran, tekanan minimum dan maksimum, faktor jam puncak, dan batas kehilangan air yang diperbolehkan.

### Tahapan Penelitian

Proses penelitian mengikuti tahapan sistematis sebagai berikut:

#### Studi Pustaka dan Observasi Awal

Peneliti mempelajari literatur terkait pengelolaan kehilangan air, metode Neraca Air, dan perhitungan ILI. Observasi awal dilakukan di beberapa titik distribusi untuk mengidentifikasi potensi kebocoran dan kondisi infrastruktur.

#### Pengumpulan Data

**Data Primer:** Observasi lapangan untuk mencatat kondisi pipa distribusi dan sambungan, wawancara untuk memperoleh informasi operasional, serta pengukuran tekanan dan debit pada titik-titik uji.

**Data Sekunder:** Mengumpulkan data historis dari PDAM, termasuk produksi air, penjualan air, jumlah sambungan rumah (SR), panjang pipa, dan data tekanan rata-rata.

#### Pengolahan Data dengan Metode Neraca Air

Data diolah untuk menghitung keseimbangan antara volume air yang masuk (input) dengan volume yang terjual, serta mengidentifikasi kehilangan fisik (physical losses) dan kehilangan komersial (commercial losses).

#### Perhitungan Infrastructure Leakage Index (ILI)

Tahapan ini meliputi:

- Menghitung **MAAPL** (Minimum Achievable Annual Physical Losses) berdasarkan panjang pipa, jumlah sambungan, panjang pipa dinas, dan tekanan rata-rata.
- Menghitung **CAPL** (Current Annual Physical Losses) dari data kehilangan fisik yang diperoleh melalui metode Neraca Air.
- Menghitung **ILI** dengan membandingkan CAPL dan MAAPL.
- Mengevaluasi kategori kinerja kehilangan air berdasarkan matriks target kehilangan fisik.

## Analisis dan Kesimpulan

Hasil perhitungan dianalisis untuk menentukan efisiensi sistem distribusi dan memberikan rekomendasi teknis dalam menurunkan tingkat kehilangan air, khususnya pada zona distribusi yang diawasi oleh tangki reservoir.

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan **formula baku Neraca Air dan ILI** dengan mengacu pada standar International Water Association (IWA) dan Peraturan Menteri PUPR No. 18 Tahun 2007. Evaluasi hasil dilakukan dengan membandingkan capaian PDAM Tirta Hidayah dengan standar nasional dan internasional, untuk menentukan prioritas perbaikan jaringan distribusi.

## 3. Hasil Dan Diskusi

### 3.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengenai tingkat kehilangan air (*water losses*) pada jaringan distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu tahun 2024 menggunakan neraca air dan juga Perhitungan Indeks Kebocoran (*Infrstruktur Leakage Index/ILI*) dengan hasil penelitian sebagai berikut :

### 3.2. Neraca Air Tingkat Kehilangan Air (*Water Losses*) Pada Jaringan Distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu Tahun 2024

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kehilangan air yang terjadi pada jaringan distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu selama tahun 2024. Untuk memperoleh hasil yang akurat, digunakan data kuantitatif berupa volume air yang didistribusikan oleh PDAM, volume air yang tercatat dalam rekening pelanggan, panjang jaringan pipa, jumlah sambungan pelanggan, serta tarif pembayaran air per meter kubik. Data-data ini kemudian dianalisis secara deskriptif-kuantitatif untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai efisiensi sistem distribusi air di wilayah tersebut.

Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah rata-rata air yang didistribusikan oleh PDAM Tirta Hidayah di Zona 3 selama tahun 2024 sebesar 474.493,67 meter kubik per bulan. Apabila dikalkulasi dalam skala tahunan, maka total distribusi air selama satu tahun mencapai 5.693.924 meter kubik ( $474.493,67 \times 12$  bulan). Distribusi air ini mencerminkan jumlah total air yang disalurkan melalui jaringan pipa ke pelanggan yang tersebar di Zona 3. Data bulanan menunjukkan adanya fluktuasi volume air yang didistribusikan, dengan volume tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 491.040,00 m<sup>3</sup> dan terendah pada bulan Februari sebesar 447.120,00 m<sup>3</sup>.

Volume tertinggi distribusi air terjadi pada bulan Mei, yaitu sebesar 491.040,00 m<sup>3</sup>, yang menandakan bahwa pada bulan ini kebutuhan atau permintaan air masyarakat mengalami peningkatan. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor musim kemarau awal atau peningkatan aktivitas masyarakat menjelang pertengahan tahun. Sementara itu, volume distribusi terendah tercatat pada bulan Februari, yaitu 447.120,00 m<sup>3</sup>, yang dapat diasosiasikan dengan rendahnya kebutuhan air di musim penghujan atau efisiensi distribusi air yang lebih baik pada periode tersebut.

Jika dilihat secara keseluruhan, terdapat fluktuasi yang tidak terlalu ekstrem antar bulan, di mana selisih antara volume tertinggi (Mei) dan volume terendah (Februari) hanya sekitar 43.920 m<sup>3</sup>. Ini menunjukkan bahwa distribusi air cenderung stabil dari bulan ke bulan, meskipun tetap dipengaruhi oleh faktor musiman, jumlah hari dalam satu bulan, serta tingkat kebutuhan air masyarakat di setiap periode.

Distribusi air juga menunjukkan konsistensi yang cukup baik pada bulan-bulan lainnya seperti Maret (482.400,00 m<sup>3</sup>), April (486.540,00 m<sup>3</sup>), Juli (484.000,00 m<sup>3</sup>), dan Agustus (481.140,00 m<sup>3</sup>), yang berada di atas rata-rata tahunan. Sementara itu, distribusi cenderung sedikit menurun pada bulan September (462.420,00 m<sup>3</sup>) dan Desember (452.684,00 m<sup>3</sup>), yang dapat berkaitan dengan berkurangnya aktivitas masyarakat menjelang akhir tahun.

Secara umum, data ini memperlihatkan bahwa sistem distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 mampu menyalurkan air dalam jumlah besar secara rutin dan relatif stabil sepanjang tahun 2024. Rata-rata distribusi sebesar 474.493,67 m<sup>3</sup>/bulan menjadi indikator penting dalam menilai kapasitas teknis PDAM dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat di wilayah tersebut. Namun, data ini juga perlu dibandingkan dengan volume air yang tercatat dalam rekening pelanggan untuk menilai tingkat efisiensi dan potensi kehilangan air yang mungkin terjadi dalam jaringan distribusi.

Setelah mengkaji data mengenai jumlah air yang didistribusikan oleh PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu selama tahun 2024, analisis selanjutnya diarahkan pada volume air yang tercatat dalam rekening tagihan pelanggan, sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.2. Data ini merepresentasikan jumlah air yang benar-benar terukur oleh meter pelanggan dan digunakan sebagai dasar penagihan bulanan oleh PDAM.

Berikut tagihan (jumlah air yang terjual) pada tahun 2024 yang terdapat dalam tabel berikut :

Tabel 4.1 Jumlah Air dalam Rekening Tagihan

No	Bulan	Air Tercatat Dalam Rek Tagihan (M <sup>3</sup> /Bulan)
	Januari	217018
	Februari	220059
	Maret	214367
	April	212514
	Mei	206448
	Juni	203038
	Juli	205219
	Agustus	456266
	September	217220
	Oktober	209763
	November	202192
	Desember	206291
	Rata-rata	230866.3

Sumber : PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu Tahun 2024

Rata-rata volume air yang tercatat dalam rekening pelanggan selama tahun 2024 adalah sebesar 230.866,3 m<sup>3</sup> per bulan, dengan total kumulatif dalam setahun mencapai 2.770.392 m<sup>3</sup>. Jumlah ini jauh lebih rendah dibandingkan volume air yang didistribusikan oleh PDAM, yang rata-ratanya mencapai 474.493,67 m<sup>3</sup> per bulan atau setara 5.693.924 m<sup>3</sup> per tahun. Perbedaan yang sangat mencolok antara volume distribusi dan volume yang tercatat ini menjadi indikasi awal adanya tingkat kehilangan air yang tinggi dalam sistem distribusi PDAM di Zona 3.

Jika dilihat secara lebih rinci, volume air yang tercatat mengalami fluktuasi antar bulan. Volume tertinggi terjadi pada bulan Agustus, yaitu sebesar 456.266 m<sup>3</sup>, yang bahkan melebihi rata-rata distribusi air bulanan. Hal ini dapat mengindikasikan adanya pencatatan ulang dari bulan-bulan sebelumnya atau pengaruh teknis lainnya seperti perbaikan sistem pengukuran. Sebaliknya, volume terendah terjadi pada bulan November, yakni 202.192 m<sup>3</sup>, yang kemungkinan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti rendahnya konsumsi air, gangguan pada alat ukur, atau kesalahan pencatatan di lapangan.

Secara umum, dari dua belas bulan yang diamati, hanya bulan Agustus yang menunjukkan volume tercatat mendekati atau bahkan melebihi rata-rata distribusi air. Sebagian besar bulan lainnya, seperti Januari (217.018 m<sup>3</sup>), Maret (214.367 m<sup>3</sup>), dan Oktober (209.763 m<sup>3</sup>), mencatat volume yang jauh di bawah volume distribusi air pada periode yang sama. Pola ini memperkuat dugaan bahwa sebagian besar air yang disalurkan melalui jaringan pipa tidak sampai ke pelanggan secara utuh atau tidak terukur secara akurat melalui meteran pelanggan.

Selain itu, angka rata-rata volume air tercatat sebesar 230.866,3 m<sup>3</sup>/bulan jika dibandingkan dengan rata-rata volume distribusi sebesar 474.493,67 m<sup>3</sup>/bulan menunjukkan adanya selisih rata-rata bulanan sekitar 243.627,37 m<sup>3</sup>, yang secara persentase mencerminkan kehilangan air mencapai sekitar 51,34%. Kondisi ini menjadi sinyal kuat adanya inefisiensi sistem distribusi air, baik dari sisi infrastruktur, kebocoran teknis, pencurian air, maupun lemahnya akurasi pencatatan oleh perangkat meter pelanggan.

Tingkat ketidaksesuaian ini juga mencerminkan dampak signifikan secara ekonomi bagi PDAM. Volume air yang telah didistribusikan namun tidak tercatat sebagai tagihan pelanggan berarti tidak menghasilkan pendapatan bagi perusahaan. Dengan menggunakan tarif rata-rata Rp3.500 per meter kubik, maka kehilangan air sebesar 2.923.532 m<sup>3</sup> per tahun tersebut setara dengan kerugian finansial sebesar Rp10.232.362.000. Nilai ini tentunya sangat besar dan berpotensi memengaruhi kinerja keuangan perusahaan daerah apabila tidak segera diatasi melalui evaluasi menyeluruh terhadap sistem distribusi dan pencatatan air.

Dengan demikian, berdasarkan perbandingan antara Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, dapat disimpulkan bahwa terdapat ketimpangan yang signifikan antara jumlah air yang didistribusikan dengan jumlah air yang tercatat sebagai konsumsi pelanggan, yang menandakan adanya masalah sistemik dalam proses distribusi dan pencatatan air bersih di Zona 3. Hasil ini menjadi dasar yang kuat untuk dilanjutkan dengan analisis tingkat kehilangan air dan upaya-

upaya yang dapat dilakukan oleh PDAM untuk meminimalkan kebocoran dan meningkatkan efisiensi layanan.

Setelah dilakukan pembahasan terhadap volume distribusi air dan volume air yang tercatat dalam rekening pelanggan, maka tahap selanjutnya adalah menganalisis nilai pembayaran (dalam rupiah) yang diterima oleh PDAM Tirta Hidayah dari pelanggan di Zona 3 Kota Bengkulu selama tahun 2024. Nilai pembayaran ini didasarkan pada jumlah air yang tercatat di meter pelanggan, dikalikan dengan tarif rata-rata sebesar Rp3.500/m<sup>3</sup>. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam Tabel 4.3, yang menggambarkan total pendapatan PDAM dari sektor tagihan pelanggan setiap bulan sepanjang tahun 2024.

Tabel 4.2 : Tarif yang tercatat dalam meter rekening

No	Bulan	Air Tercatat Dalam Rek Tagihan (M <sup>3</sup> /Bulan)
1	Januari	759.563.000
2	Februari	770.206.500
3	Maret	750.284.500
4	April	743.799.000
5	Mei	722.568.000
6	Juni	710.633.000
7	Juli	718.266.500
8	Agustus	1.597.931.000
9	September	760.270.000
10	Oktober	734.170.500
11	November	707.672.000
12	Desember	721.018.500
Jumlah		9.795.382.500
Rata-Rata		816.281.875

Sumber : PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu Tahun 2024

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa jumlah pembayaran tertinggi terjadi pada bulan Agustus, yaitu sebesar Rp1.597.931.000. Nilai ini meningkat tajam jika dibandingkan bulan-bulan sebelumnya, yang kemungkinan besar disebabkan oleh volume pemakaian air yang melonjak tajam pada bulan tersebut, seperti yang terlihat dalam Tabel 4.2 (air tercatat: 456.266 m<sup>3</sup>). Lonjakan ini dapat disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan air masyarakat selama musim kemarau atau adanya perbaikan sistem pencatatan yang menghasilkan pembacaan lebih akurat.

Sementara itu, nilai pembayaran terendah tercatat pada bulan November, yakni sebesar Rp707.672.000. Adanya penurunan ini mengindikasikan kemungkinan berkurangnya aktivitas konsumsi air oleh pelanggan, atau adanya gangguan pada sistem meteran yang berdampak pada rendahnya volume tercatat dan tagihan.

Rata-rata total pembayaran pelanggan setiap bulan adalah sebesar Rp816.281.875, dengan total akumulasi dalam setahun mencapai Rp9.795.382.500. Nilai ini menjadi indikator penting dalam menilai kontribusi keuangan dari pelanggan terhadap operasional PDAM Zona 3. Namun demikian, angka ini belum menggambarkan kondisi ideal, karena masih terdapat selisih yang sangat besar antara air yang didistribusikan dan air yang tertagih, sebagaimana telah dibahas sebelumnya.

Jika dilakukan perbandingan antara total volume air yang didistribusikan selama setahun (5.693.924 m<sup>3</sup>) dengan total air yang berhasil ditagih (2.770.392 m<sup>3</sup>), maka terlihat bahwa hanya sekitar 48,66% dari air yang didistribusikan yang berhasil dikonversi menjadi pendapatan. Dengan kata lain, lebih dari setengah air yang telah dialirkan tidak menghasilkan pemasukan, baik karena kebocoran fisik, pencurian air, atau inefisiensi sistem pencatatan. Hal ini diperparah oleh fakta bahwa kerugian dalam bentuk volume air yang hilang telah mencapai 2.923.532m<sup>3</sup> per tahun, yang setara dengan Rp10.232.362.000, apabila dikalikan dengan tarif Rp3.500/m<sup>3</sup>.

Fakta-fakta ini menunjukkan adanya disparitas serius antara distribusi teknis dan pencatatan administratif, yang berdampak langsung terhadap performa keuangan PDAM Tirta Hidayah. Besarnya nilai air yang tidak tertagih

menimbulkan beban keuangan yang signifikan, serta menandakan perlunya strategi penanganan yang cepat dan sistematis melalui perbaikan infrastruktur pipa, pengawasan distribusi air, dan digitalisasi sistem pencatatan meter pelanggan.

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa jumlah sambungan pelanggan PDAM Tirta Hidayah di Zona 3 pada tahun 2024 mencapai 13.825 sambungan. Jumlah ini mencerminkan besarnya cakupan pelayanan PDAM kepada masyarakat di wilayah tersebut, serta menjadi indikator langsung dari beban jaringan distribusi yang harus dikelola.

Setiap sambungan pelanggan rata-rata menggunakan pipa sepanjang 6 meter dengan jenis pipa PVC sebagai bahan utama jaringan distribusi. Dengan demikian, total panjang pipa yang digunakan untuk melayani seluruh sambungan pelanggan adalah sebesar 82.950 meter atau 82,95 kilometer. Jaringan pipa sepanjang ini berfungsi sebagai sarana utama pendistribusian air bersih dari pusat produksi menuju titik-titik konsumsi di rumah-rumah pelanggan.

Keberadaan jaringan pipa yang luas ini menunjukkan skala distribusi PDAM yang cukup besar dan kompleks. Namun, panjang pipa yang tersebar luas ini juga menjadi potensi sumber permasalahan apabila tidak didukung oleh sistem pemeliharaan dan pemantauan yang memadai. Semakin panjang jaringan pipa, maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya kebocoran, kehilangan air secara fisik, tekanan air yang menurun, serta penurunan kualitas air akibat lama waktu pengaliran. Kondisi ini turut memperbesar potensi terjadinya *non-revenue water* (NRW), yakni air yang diproduksi tetapi tidak menghasilkan pendapatan karena hilang dalam sistem.

Lebih lanjut, jenis pipa yang digunakan juga menjadi faktor yang mempengaruhi efisiensi distribusi. Penggunaan pipa PVC, meskipun ekonomis dan tahan terhadap korosi, memiliki tingkat ketahanan yang lebih rendah terhadap tekanan tinggi dan rentan terhadap keretakan jika tidak dipasang dengan standar teknis yang benar. Oleh karena itu, panjang jaringan pipa PVC sepanjang hampir 83 kilometer tersebut menuntut perhatian ekstra dalam hal inspeksi berkala, perawatan, serta pememajaan infrastruktur untuk menghindari peningkatan angka kebocoran teknis.

Dengan demikian, dari aspek fisik, kondisi jumlah sambungan dan panjang jaringan pipa yang dikelola PDAM Zona 3 menjadi faktor penting yang turut memengaruhi tingkat kehilangan air yang cukup tinggi seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Oleh karena itu, upaya penurunan kehilangan air tidak hanya perlu difokuskan pada aspek administrasi atau pencatatan meter, tetapi juga harus mencakup strategi teknis yang menasar peningkatan kualitas jaringan pipa, pelacakan kebocoran secara digital, serta optimalisasi sistem distribusi air berbasis teknologi.

Analisis tingkat kehilangan air merupakan bagian krusial dalam menilai efisiensi sistem distribusi PDAM Tirta Hidayah di Zona 3 Kota Bengkulu. Kehilangan air didefinisikan sebagai selisih antara total volume air yang didistribusikan oleh PDAM dengan volume air yang tercatat pada meter pelanggan dan tercantum dalam tagihan resmi. Besarnya kehilangan ini mencerminkan potensi pemborosan sumber daya serta kerugian pendapatan yang signifikan.

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa rata-rata jumlah air yang didistribusikan selama tahun 2024 adalah sebesar 474.493,67 m<sup>3</sup> per bulan. Jika dikalkulasi selama 12 bulan, maka total volume air yang disalurkan PDAM mencapai = 5.693.924 m<sup>3</sup>/tahun

Sementara itu, volume air yang tercatat dalam meteran pelanggan dan menjadi dasar penagihan adalah 230.866,3 m<sup>3</sup> per bulan, sehingga jumlah total air yang tertagih selama setahun adalah = 2.770.392 m<sup>3</sup>/tahun

Selisih antara air yang didistribusikan dan yang tercatat ini mencerminkan kehilangan air secara fisik dan administratif dalam jaringan distribusi. Adapun persentase kehilangan air dihitung menggunakan rumus berikut:

$$H = \frac{5.693.924 - 2.770.392}{5.693.924} \times 100\%$$
$$H = 51,34\%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tingkat kehilangan air di Zona 3 pada tahun 2024 mencapai 51,34% dari total air yang didistribusikan. Ini berarti lebih dari separuh air yang masuk ke sistem distribusi tidak berhasil tercatat sebagai pemakaian pelanggan. Jika di hitung dalam satuan tahunan yaitu sebesar 2.923.532m<sup>3</sup>/tahun, sementara jika perbulan sebesar 243.628 m<sup>3</sup>/bulan, dan perhari sebesar 667,473 m<sup>3</sup>/hari.

Nilai ini menunjukkan bahwa setiap hari, PDAM Tirta Hidayah Zona 3 kehilangan lebih dari 667 meter kubik air, atau setara dengan 667.000 liter per hari. Besarnya angka ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem distribusi air masih tergolong sangat rendah, dan perlu dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap sistem jaringan perpipaan, kinerja alat ukur (meter pelanggan), serta prosedur operasional dalam pencatatan dan pengawasan distribusi air.

Kehilangan air dalam volume telah diketahui sebesar 2.923.532 m<sup>3</sup> per tahun Dengan asumsi tarif rata-rata Rp3.500/m<sup>3</sup>, maka kerugian finansial akibat kehilangan air dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan Air (Rp)} &= \text{Volume Kehilangan Air (m}^3\text{)} \times \text{Tarif/m} \\ &= 2.923.532 \text{ m}^3 \times 3.500 \\ &= \text{Rp. } 10.232.362.500 \end{aligned}$$

Jadi, kerugian akibat kehilangan air selama tahun 2024 diperkirakan mencapai Rp10,23 miliar. Ini merupakan angka yang sangat besar dan berdampak signifikan terhadap pendapatan PDAM, sehingga menjadi alasan utama untuk segera memperbaiki sistem distribusi dan pencatatan air. Volume input sistem adalah total air yang dimasukkan ke dalam sistem distribusi selama satu tahun. Berdasarkan data distribusi:

$$\begin{aligned} \text{Volume Air yang Didistribusikan} &= 474.493,67 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ \text{Volume Input Sistem (tahunan)} &= 474.493,67 \times 12 = 5.693.924 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ini merupakan total air yang masuk ke jaringan, termasuk yang akan sampai ke pelanggan dan yang hilang di dalam sistem.

Konsumsi resmi dalam konteks ini adalah volume air yang benar-benar tercatat oleh meter pelanggan dan menjadi dasar penagihan. Berdasarkan data:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Resmi} &= 230.866,3 \text{ m}^3/\text{bulan} \times 12 \\ &= 2.770.392 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Kemudian data kehilangan air berdasarkan konsumsi resmi yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan Air} &= \text{Volume Input Sistem} - \text{Konsumsi Resmi} \\ &= 5.693.924 - 2.770.392 \\ &= 2.923.532 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil ini konsisten dengan perhitungan sebelumnya dan menunjukkan bahwa lebih dari 2,9 juta meter kubik air tidak menghasilkan pendapatan, baik karena kebocoran teknis, pencurian air, atau kesalahan administrasi.

Dari perhitungan diatas, maka nilai tiap komponenyang dimasukan kedalam neraca air, susunan tersebut ditampilkan dalam tabel 4.4 Neraca Air :

Tabel 4.3 Neraca Air

	Konsumsi Resmi (2.770.392)	Konsumsi Resmi Berkening (2.770.392)	Konsumsi Bermeter Berekening	Air berekening (2.770.392 m <sup>3</sup> )
		Konsumsi resmi tak berekening (2.923.532 m <sup>3</sup> )	Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
Volume Input Sistem (5.693.924 m <sup>3</sup> )	Kehilangan Air (2.923.532 m <sup>3</sup> )	Kehilangan air Non-Fisik (±438.000 m <sup>3</sup> )	Konsumsi tak resmi (~100.000 *asumsi)	Air tak berekening (NRW) (2.923.532 m <sup>3</sup> )
			Ketidakakuratan meter pelanggan dan kesalahan penanganan data (~338.000 *sisa)	
		Kehilangan air fisik (2.215.532)	Kebocoran pada pipa distribusi dan transmisi	
			Kebocoran dan luapan dari tangka-tangki penyimpanan perusahaan air minum	
		Kebocoran di piapa dinas hingga ke meter pelanggan		

Sumber : PDAM Tirta Hidayah Kota Bengkulu Tahun 2024

Berdasarkan neraca air PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu Tahun 2024, dapat disimpulkan bahwa dari total volume input sistem sebesar 5.693.924 m<sup>3</sup>/tahun, hanya 2.770.392 m<sup>3</sup>/tahun (sekitar 48,65%) yang berhasil ditagihkan kepada pelanggan sebagai air berekening. Sementara itu, sebesar 2.923.532 m<sup>3</sup>/tahun (sekitar 51,35%) merupakan air tak berekening (non-revenue water) yang terdiri atas kehilangan air fisik dan non-fisik. Kondisi ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh air yang didistribusikan tidak memberikan kontribusi pendapatan bagi PDAM, sehingga diperlukan upaya perbaikan sistem distribusi dan pencatatan untuk meningkatkan efisiensi dan menekan angka kehilangan air.

### 3.2.1. Perhitungan Indeks Kebocoran (*Infrastruktur Leakage Index/ILI*) Pada Jaringan Distribusi Pdam Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu Tahun 2024

Untuk mengukur tingkat efisiensi pengelolaan kehilangan air dalam jaringan distribusi PDAM, digunakan indikator *Infrastructure Leakage Index* (ILI). ILI menunjukkan rasio antara kebocoran aktual yang terjadi dengan kebocoran minimal yang secara teknis masih dapat diterima dalam sistem distribusi yang optimal. Semakin tinggi nilai ILI, maka semakin buruk kondisi kebocoran jaringan distribusi tersebut. Perhitungan ILI terdiri dari tiga tahapan utama yaitu :

#### 1. Menghitung MAAPL (*Minimum Achievable Annual Physical Losses*)

MAAPL (liter/hari)=[18×Lm+(0,8×Nc+25×Lp)]×P

$$=[18 \times 82.950 + (0,8 \times 13.825 + 25 \times 6)] \times 0,8$$

$$=1.493.100 + 11.060 + 150$$

$$=1.504.310$$

$$\text{MAAPL} = 1.504.310 \times 0,8 = 1.203.448 \text{ liter / hari}$$

$$\text{Konversi ke liter/tahun: } 1.203.448 \times 365 = 439.258.520 \text{ liter/tahun}$$

#### 2. Menghitung CAPL (*Current Annual Physical Losses*)

CAPL diambil dari total kehilangan air fisik yang telah dihitung sebelumnya:

$$\text{CAPL} = 2.215.532 \text{ m}^3/\text{tahun} = 2.215.532.000 \text{ liter/tahun}$$

#### 3. Menghitung ILI (*Infrastructure Leakage Index*)

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

$$\text{ILI} = \frac{2.215.532}{439.258.520} = 5,04$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai ILI sebesar 5,04 menunjukkan bahwa tingkat kebocoran aktual yang terjadi dalam jaringan distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 masih sangat tinggi, yaitu lebih dari lima kali lipat dari batas kebocoran teknis minimum yang seharusnya dapat dicapai jika jaringan dikelola secara optimal.

Standar ILI yang baik menurut *International Water Association* (IWA) adalah:

- < 2 → Jaringan efisien
- 2–4 → Perlu perhatian
- > 4 → Inefisien dan perlu tindakan perbaikan mendesak

Dengan demikian, nilai ILI sebesar 5,04 menandakan bahwa jaringan distribusi PDAM Zona 3 berada dalam kategori tidak efisien, sehingga memerlukan intervensi serius

### 3.3. Pembahasan Hasil Penelitian

Permasalahan kehilangan air (water loss) merupakan tantangan utama dalam pengelolaan sistem distribusi air bersih, khususnya bagi perusahaan daerah air minum (PDAM). Berdasarkan penelitian di PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu tahun 2024, diketahui bahwa sistem distribusi air belum berjalan efisien. Hal ini terlihat dari tingginya angka kehilangan air, nilai indeks kebocoran (ILI) yang melebihi standar, serta selisih besar antara volume air yang didistribusikan dan volume yang tercatat pada meter pelanggan.

Volume air yang masuk ke sistem distribusi PDAM di Zona 3 tercatat sebesar 5.693.924 m<sup>3</sup> per tahun. Namun, air yang berhasil tercatat dan ditagihkan kepada pelanggan hanya sebesar 2.770.392 m<sup>3</sup> per tahun. Terdapat selisih kehilangan air sebesar 2.923.532 m<sup>3</sup> per tahun, yang berarti sekitar 243.627 m<sup>3</sup> per bulan atau 667,47 m<sup>3</sup> per hari. Kehilangan ini sangat signifikan dan berdampak pada kinerja pelayanan dan pendapatan perusahaan.

Melalui perhitungan sesuai standar yang digunakan dalam studi sistem jaringan air, diperoleh tingkat kehilangan air sebesar 51,35%. Persentase ini jauh melampaui batas maksimum yang ditetapkan Kementerian PUPR, yakni 20% (Permen PUPR No. 27/PRT/M/2016), dan standar internasional IWA yang menetapkan idealnya di bawah 15%. Temuan ini sejalan dengan hasil studi Damanik (2020) yang menyatakan bahwa wilayah dengan jumlah sambungan pelanggan yang tinggi cenderung mengalami kebocoran besar apabila tidak dilakukan audit rutin.

Untuk mengidentifikasi jenis dan sumber kehilangan air, disusun neraca air (water balance). Diketahui bahwa hanya 48,65% air yang masuk sistem merupakan air berekening, sedangkan 51,35% tergolong air tak berekening. Kehilangan fisik seperti kebocoran pipa, sambungan rumah, dan tangki penyimpanan mencapai 2.215.532 m<sup>3</sup> per tahun. Sementara kehilangan non-fisik, seperti pencurian air, sambungan ilegal, dan kesalahan pencatatan, diperkirakan sebesar ±438.000 m<sup>3</sup> per tahun. Temuan ini diperkuat oleh Fitriani (2021), yang menyatakan bahwa kebocoran fisik adalah faktor utama dalam total kehilangan air PDAM.

Selain berdampak pada pelayanan, kehilangan air juga menyebabkan kerugian ekonomi besar. Dengan asumsi tarif Rp3.500 per m<sup>3</sup>, kerugian akibat kehilangan air mencapai Rp10.232.362.000 per tahun. Angka ini mencerminkan potensi pendapatan yang hilang dan dapat memengaruhi keberlanjutan operasional maupun investasi infrastruktur perusahaan.

Untuk menilai efisiensi sistem distribusi, dihitung pula nilai Infrastructure Leakage Index (ILI). ILI diperoleh dari perbandingan antara kehilangan fisik aktual (CAPL) dan kehilangan minimum yang dapat dicapai (MAAPL). Dengan CAPL sebesar 2.215.532.000 liter/tahun, dan MAAPL sebesar 439.258.520 liter/tahun—berdasarkan parameter  $L_m = 82.950$  Ml,  $N_c = 13.825$  sambungan,  $L_p = 6$  m, dan tekanan  $P = 0,8$  bar—diperoleh nilai ILI sebesar 5,04. Menurut Lambert (2001), nilai ILI di atas 4 menunjukkan sistem distribusi air berada dalam kondisi tidak efisien dan perlu segera dilakukan tindakan korektif seperti penggantian pipa tua, perbaikan kebocoran, dan penggunaan teknologi pendeteksi kebocoran.

Dengan kondisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi air PDAM Tirta Hidayah Zona 3 masih menghadapi tantangan serius terkait efisiensi dan keandalan layanan. Tingginya kehilangan air baik fisik maupun non-fisik, serta nilai ILI yang melampaui standar internasional, menunjukkan perlunya strategi perbaikan yang menyeluruh dan berkelanjutan. Langkah ini tidak hanya penting bagi operasional perusahaan, tetapi juga dalam menjamin hak masyarakat atas akses air bersih yang layak dan berkelanjutan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai kehilangan air pada jaringan distribusi PDAM Tirta Hidayah Zona 3 Kota Bengkulu Tahun 2024, dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi air di wilayah ini belum berjalan secara efisien. Tingkat kehilangan air mencapai 51,35%, yang berarti lebih dari separuh volume air yang didistribusikan tidak tercatat dalam sistem meter pelanggan. Kehilangan air fisik tercatat sebesar 2.215.532 m<sup>3</sup> per tahun, dengan potensi kerugian ekonomi sebesar lebih dari Rp10 miliar. Hasil perhitungan ILI menunjukkan nilai sebesar 5,04, yang mengindikasikan sistem distribusi berada dalam kondisi tidak efisien dan memerlukan tindakan perbaikan segera.

#### Referensi

1. Anwar.(2018). Ulasan Air Sehat Air Sakit dan Air pakai berlebihan tempo News Gresik.4(2).20-137.
2. Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). 2021. Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
3. Damanik, R. (2020). *Analisis Kehilangan Air pada Sistem Distribusi PDAM*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
4. Desi, R. S. (2018). Faktor-faktor yang berhubungan dengan keberadaan sisa klorin pada jaringan distribusi air minum IPA Cileng PDAM Lawu Tirta Magetan. <http://repository.stikes-bhm.ac.id/309/>
5. Diasa, I. W., Soriarta, I. K., & Suryawan, I. B. G. (2019). Analisa Kehilangan Air (Non Revenued Water) Pada Jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam). *Jurnal Teknik Gradien*, 11(2), 1–19.
6. Fitriani, I. (2021). *Analisis Tingkat Kehilangan Air pada Jaringan Distribusi PDAM di Kota X*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Hakim, L. N. (2013). Ulasan Metodologi Kualitatif: Wawancara Terhadap Elit. *Aspirasi*, 4(2), 165–172.
8. Harahap, F. A., Nurhayati, E., & Ahyar, A. (2023). Studi Kehilangan Air pada DMA Perum III di Wilayah Pelayanan Pontianak Timur Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 15(2), 129–135.
9. Juvano, R. A., Yermadona, H., & Yusman, A. S. (2022). Tinjauan perencanaan jaringan perpipaan distribusi air bersih di Kenagarian Taram Kecamatan Harau. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 147–153.

10. Lambert, A. (2001). *What do we know about pressure: Leakage relationships in distribution systems?*. In: *Proceedings of the IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management*. Brno, Czech Republic Masyhadiah, M. (2019). Strategi Komunikasi Dinas Pariwisata Dan Kebudayaan Dalam Pengembangan Pariwisata Di Kabupaten Mamuju. MITZAL (Demokrasi, Komunikasi dan
11. Maulana, F. I. (2024). Analisis Kehilangan Air (Non Revenue Water) Pada Jaringan Distribusi Wilayah Pelayanan Ipa Aurduri Dengan Metode Infrastructure Leakage Index (Ili) [Phd Thesis, Universitas Jambi]. <https://Repository.Unja.Ac.Id/60416/>
12. Megarini, M. U. (2020). Studi Kehilangan Air Dalam Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang [PhD Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
13. Miranti, F. A., & Rahmadania, M. (2021). Analisis Neraca Air Sub Das Martapura. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 10(02), 47–54.
14. Musi, B. U. di P. T. (2024). Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air pada District Meter Area. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(1), 106–115.
15. Najwa Alkhaqqi, D. (2021). Tingkat Kehilangan Air Akibat Kehilangan Fisik Dan Non-Fisik Di Kota Malang [PhD Thesis, Universitas Brawijaya]. <http://repository.ub.ac.id/184279/>
16. Ngintang, A. R. D., & Akbar, M. (2016). Kesiapan Promosi Kawasan Karst Bantimurung-bulusaraung sebagai Destinasi Andalan Wisata Alam Kabupaten Maros. *KAREBA: Jurnal Ilmu Komunikasi*, 319–330.
17. Noerhayati, E. (2023). Model Debit Air untuk Penataan Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Neraca Air. UNISMA PRESS.
18. Prasetya, D. D. (2018). 8 Keunggulan Wisata Indonesia yang Wajib Diketahui.
19. Relations, P., & Baru, M. (2018). Strategi Komunikasi Pemasaran Kementerian Pariwisata Indonesia dalam Pesona Indonesia melalui Youtube Marketing Communication Strategy Ministry of Tourism Indonesia in Pesona Indonesia on Youtube Platform. 2(2), 144–161.
20. Romdloni, A., Ahyar, A., & Soedjono, E. S. (2021). Studi Kehilangan Air Fisik dan Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Kota Malang). *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(2), 1189–1201.
21. Silvia, R. (2021). *Analisis Tingkat Kehilangan Air (Water Losses) dalam Sistem Distribusi PDAM Tirta Hidayah*. Skripsi. Universitas Bengkulu.
22. Syarif, M. N., & Ridwan, A. (2020). Studi Kasus Penurunan Kehilangan Air Pada Sistem Distribusi Air PDAM di DMA Pondok Mutiara Payung Sekaki Dengan Metode Steptest. *Jurnal Surya Teknik*, 7(1), 130–134.
23. Tarman, R. N., & Tamrin, T. (2022). Analisis kehilangan air (non revenue water) pada perusahaan daerah air minum (pdam) kota bau bau. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 1(1), 65–77.
24. Widayani, E. (2022). Durasi (Duta Literasi) Upaya Tingkatkan Budaya Literasi. *Journal of Civics and Moral Studies*, 7(2), 83–90. <https://doi.org/10.26740/jcms.v7n2.p83-90>