



Analisis Kehilangan Air pada Jaringan PDAM Kendari (Intake Sungai Wanggu): Pendekatan Manajemen Aset

La Welendo¹, Ridwan Syah Nuhun², Safruddin³, Sri Dewi⁴, Zahwa Diah A.P^{5*}

¹⁻⁵Manajemen Rekayasa, Universitas Halu Oleo, Indonesia

*Korespondensi : zahwadahap@gmail.com

ABSTRAK (Indonesia)

Kehilangan air atau Non-Revenue Water (NRW) masih menjadi tantangan utama dalam penyediaan air bersih oleh PDAM, termasuk di Kota Kendari, karena berdampak langsung pada efisiensi operasional dan kualitas layanan. Tingginya selisih antara volume air produksi dan air terjual mengindikasikan adanya kelemahan pada sistem penyediaan air minum (SPAM) serta pengelolaan aset jaringan distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab kehilangan air pada jaringan distribusi PDAM Kota Kendari dengan pendekatan manajemen aset. Permasalahan utama yang dikaji adalah tingginya tingkat NRW yang belum tertangani secara sistematis dari aspek teknis maupun non-teknis. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif-kuantitatif melalui observasi lapangan, inventarisasi aset, pengukuran debit pada tingkat pelanggan, serta wawancara terstruktur terhadap 20 responden, yang dilengkapi dengan data sekunder PDAM terkait kapasitas sumber air, produksi, dan air terjual. Analisis dilakukan dengan mengacu pada kerangka SPAM, konsep NRW menurut International Water Association (IWA), dan prinsip manajemen aset ISO 55001. Hasil penelitian menunjukkan adanya ketimpangan signifikan antara kapasitas sumber air baku (± 20 L/det), air olahan (± 14 L/det), dan air terjual (± 1 L/det). Kehilangan air disebabkan oleh kombinasi real losses seperti kebocoran pipa tua dan fluktuasi tekanan, serta apparent losses berupa sambungan ilegal dan ketidakakuratan meter pelanggan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengendalian NRW memerlukan integrasi strategi teknis dan manajemen aset berbasis risiko untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan layanan air bersih.

SEJARAH ARTIKEL

Diterbitkan 31
Desember 2025

KATA KUNCI

Non-Revenue Water (NRW), Manajemen Aset, Jaringan Distribusi Air, Kehilangan Air, PDAM Kota Kendari

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan dasar masyarakat dan pilar penting dalam pencapaian pembangunan berkelanjutan. Di tingkat perkotaan, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) berperan sebagai penyedia utama air minum yang aman dan berkelanjutan (Rajapakse et al., 2023). Namun, efisiensi layanan PDAM di Indonesia sering terganggu oleh tingginya tingkat *Non-Revenue Water* (NRW), selisih antara air yang diproduksi dan air yang berhasil ditagihkan, yang mencerminkan inefisiensi teknis maupun manajerial dalam sistem penyediaan air minum (SPAM) (Nanda et al., 2024).

Di PDAM Kota Kendari, yang mengandalkan Intake Sungai Wanggu sebagai sumber air baku, kondisi ini sangat kritis. Dari kapasitas sumber air baku sekitar 20 L/detik dan produksi air olahan sekitar 14 L/detik, hanya ± 1 L/detik yang tercatat

sebagai air terjual, mengindikasikan NRW sekitar 93%, jauh melampaui batas acuan nasional ($\leq 30\%$) maupun standar International Water Association (IWA) ($\leq 20\%$) (Firat et al., 2021). Disparitas ini mengisyaratkan adanya kelemahan sistemik, baik dari sisi teknis (misalnya kebocoran jaringan, fluktuasi tekanan) maupun non-teknis (seperti sambungan ilegal dan ketidakakuratan meter pelanggan).

Penelitian terdahulu telah mengidentifikasi berbagai faktor penyebab NRW di berbagai wilayah Indonesia. Studi di PDAM Balikpapan menyoroti dominasi kebocoran fisik dan ketidakakuratan meter (Mustakim & Tegar Pratama, 2022), sementara penelitian di Perumda Tirta Kahuripan menunjukkan kontribusi signifikan tekanan aliran tidak stabil terhadap kehilangan air fisik (Munis et al., 2021). Pendekatan *water balance* dan *District Metered Area* (DMA) juga telah digunakan untuk memisahkan *real losses* dan *apparent losses* secara lebih presisi di Pontianak dan Malang (Pratama et al., 2024; Arif Harahap et al., 2023; Romdloni et al., 2021). Namun, sebagian besar studi tersebut berfokus pada kota besar atau wilayah dengan sistem distribusi yang relatif lebih maju.

Gap penelitian muncul ketika mempertimbangkan konteks Kota Kendari: belum ada studi komprehensif yang menganalisis penyebab NRW di PDAM setempat dengan memadukan pendekatan teknis dan manajemen aset berbasis risiko, khususnya pada sistem yang mengandalkan Intake Sungai Wanggu. Padahal, wilayah ini menjadi tulang punggung pelayanan air bersih di metropolitan Kendari.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor teknis dan non-teknis penyebab kehilangan air serta mengevaluasi kondisi aset jaringan distribusi PDAM Kota Kendari melalui kerangka manajemen aset ISO 55001. Temuan penelitian diharapkan memberikan nilai inovatif berupa rekomendasi strategis berbasis manajemen aset untuk menurunkan NRW, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperluas akses air bersih secara berkelanjutan. Judul penelitian ini adalah "Analisis Kehilangan Air pada Jaringan PDAM Kota Kendari (Intake Sungai Wanggu): Pendekatan Manajemen Aset".

2. Kajian Teori

Kajian teori adalah bagian dari penelitian ilmiah yang bertujuan untuk: Mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis teori-teori, konsep, model, dan temuan empiris yang relevan dengan fenomena penelitian.

2.1 Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan satu kesatuan dalam penyediaan air minum yang meliputi proses penyediaan air baku, transmisi, produksi, hingga distribusi kepada pelanggan. Berdasarkan PP No. 122 Tahun 2015 dan Permen PUPR No. 27 Tahun 2016, SPAM dirancang untuk menjamin ketersediaan air minum yang memenuhi aspek kuantitas, kualitas, dan kontinuitas (Mulyanto et al., 2023).

Komponen utama SPAM terdiri atas (Tanjung et al., 2023):

1. Sumber air baku,
2. Unit transmisi,
3. Unit produksi/Instalasi Pengolahan Air (IPA), dan
4. Jaringan distribusi (primer, sekunder, tersier).

Distribusi air berfungsi menyalurkan air ke pelanggan dengan tekanan minimal 0,7 atm dan suplai selama 24 jam/hari sebagaimana standar pelayanan minimal air minum. Kinerja jaringan distribusi sangat menentukan kualitas pelayanan kepada pelanggan serta berpengaruh pada besarnya kehilangan air (Laucelli et al., 2022).

2.2 Kehilangan Air (*Non-Revenue Water/NRW*)

Non-Revenue Water (NRW) adalah selisih antara volume air yang diproduksi dengan volume air yang tercatat sebagai penjualan resmi. Mengacu pada standar *International Water Association* (IWA) dan Permen PUPR No. 18 Tahun 2007, NRW merupakan indikator utama efisiensi operasional perusahaan air minum (Dimkić et al., 2022). NRW terdiri dari dua kelompok besar (Almeida et al., 2021):

1. *Real Losses* (Kehilangan Fisik)

Meliputi kehilangan air akibat kebocoran pada jaringan pipa distribusi, kebocoran pada sambungan rumah, kerusakan valve, hingga luapan reservoir. Faktor penyebab umumnya adalah umur pipa yang tua, tekanan berlebih, dan pemeliharaan jaringan yang kurang optimal.

2. *Apparent Losses* (Kehilangan Komersial/Administratif)

Kehilangan air yang tidak tercatat akibat sambungan ilegal, kerusakan meter pelanggan, kesalahan pencatatan meter, serta ketidaktepatan sistem penagihan. *Apparent losses* meningkatkan disparitas antara konsumsi riil dan data penjualan, sehingga menyebabkan kerugian finansial bagi PDAM.

Dampak NRW tidak hanya berupa kerugian ekonomi tetapi juga mengurangi ketersediaan air baku, menurunkan keandalan layanan, serta dapat menghambat pengembangan wilayah layanan perusahaan air minum.

2.3 Manajemen Aset Infrastruktur Air Bersih

Manajemen aset merupakan proses sistematis untuk mengelola aset infrastruktur secara efektif sepanjang siklus hidupnya. Standar internasional PAS 55 dan ISO 55001 menekankan pentingnya pengelolaan aset berbasis risiko, kinerja, dan biaya untuk meningkatkan efisiensi operasional (Maletič et al., 2020).

Dalam konteks perusahaan air minum, manajemen aset meliputi tahapan:

1. perencanaan aset,
2. pengadaan dan pembangunan,
3. operasi,
4. pemeliharaan,
5. rehabilitasi, dan
6. penggantian aset.

Penerapan manajemen aset yang baik membantu mengurangi risiko kegagalan pipa, meningkatkan umur teknis jaringan, menekan NRW, serta mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data. Indikator kondisi aset umumnya mencakup umur jaringan pipa, tingkat kebocoran, tekanan pada jaringan, kondisi valve, serta akurasi water meter.

2.4 Faktor – Faktor Penyebab Kehilangan Air

Mengacu pada IWA Water Balance, faktor penyebab kehilangan air dibagi menjadi dua kelompok besar: (Rajarajeshwari, 2022)

1. Faktor Teknis (*Real Losses*)

- Kebocoran pipa distribusi
- Kerusakan sambungan pipa
- Tekanan air berlebih
- Pipa tua atau korosi
- Valve tidak berfungsi

- Reservoir overflow
Faktor-faktor teknis ini umumnya terkait dengan kondisi fisik aset serta manajemen operasi dan pemeliharaan jaringan distribusi.
2. Faktor Non-Teknis (*Apparent Losses*)
- Sambungan ilegal
 - Water meter pelanggan rusak atau aus
 - Pencatatan meter yang tidak akurat
 - Kesalahan administrasi penagihan
- Faktor non-teknis berkaitan dengan performa sistem administrasi, akurasi data, serta pengawasan terhadap sambungan pelanggan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan kombinasi metode kualitatif dan kuantitatif. Lokasi penelitian difokuskan pada wilayah pelayanan PDAM Kota Kendari di Unit Pelayanan Wanggu. Data primer dikumpulkan melalui (1) observasi lapangan untuk menilai kondisi fisik jaringan distribusi dan mengidentifikasi titik potensial kebocoran, (2) inventarisasi aset infrastruktur distribusi (pipa, katup, meter air), (3) wawancara terstruktur terhadap 20 responden yang dipilih secara purposif dari empat kelurahan terlayani, mencakup petugas lapangan, pengelola zona distribusi, dan pelanggan aktif; dan (4) pengukuran debit air di tingkat rumah tangga menggunakan metode volumetrik dengan wadah ukur 1,5 liter, diulang tiga kali per titik untuk meningkatkan keandalan.

Data sekunder diperoleh dari dokumen internal PDAM, meliputi kapasitas sumber air baku Intake Sungai Wanggu, volume air olahan harian, dan volume air terjual selama periode 2022–2024, yang digunakan sebagai dasar perhitungan NRW mengacu pada metode IWA *Water Balance*.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengklasifikasikan kehilangan air ke dalam real losses (kebocoran fisik, kebocoran latar, dan *overflow reservoir*) dan *apparent losses* (ketidakakuratan meter, sambungan ilegal, dan kesalahan pencatatan). Hasil temuan dikaitkan dengan kondisi aset distribusi dan dievaluasi berdasarkan prinsip manajemen aset ISO 55001 untuk merumuskan rekomendasi penurunan NRW. Tidak digunakan rumus statistik inferensial karena fokus penelitian bersifat eksploratif-diagnostik.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penyediaan air minum di kota Kendari dilakukan oleh pemerintah Kota Kendari melalui PDAM Tirta Anoa, yang mengelola 4 unit SPAM yaitu Unit SPAM Induk Pohara, Unit Pelayanan SPAM Matabondu, Unit Pelayanan SPAM IKK Anduonoho IKK Anggoea serta Unit Pelayanan Wanggu, yang menjadi Lokasi penelitian kami. Unit Pelayanan Wanggu melayani 4 Kelurahan di Kecamatan Baruga yaitu Kelurahan Baruga, Kelurahan Lepo-lepo, Kelurahan Watubangga, dan Kelurahan Wundudopi dengan jumlah sambungan rumah 655 SR atau melayani kebutuhan air bersih untuk 3.275 jiwa. Sumber air baku SPAM Unit Pelayanan Wanggu berasal dari Intake Sungai Wanggu dengan kapasitas ± 20 L/det, yang pendistribusiannya dilaksanakan melalui pompanisasi. Berdasarkan data PDAM, kapasitas air olahan mencapai ± 14 L/det, namun air terjual hanya ± 1 L/det. Gap ini menunjukkan tingkat kehilangan air (NRW) sangat tinggi, yang mengindikasikan adanya masalah pada jaringan distribusi maupun aspek

non teknis. Fakta ini sejalan dengan temuan penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya pengendalian NRW untuk efisiensi operasional dan keberlanjutan layanan (Swantara et al., 2025; Silvia Gabrina T. et al., 2023).

4.2 Kondisi Jaringan Distribusi (Data PDAM + Observasi Lapangan)

Inventarisasi aset PDAM dan hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa jaringan distribusi air di Kota Kendari didominasi oleh pipa berbahan PVC, dengan sebagian kecil menggunakan HDPE dan GI. Umur pipa rata-rata telah melebihi 15 tahun, mendekati atau bahkan melampaui umur rencana, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap kebocoran laten dan kerusakan sambungan. Titik rawan kebocoran umumnya ditemukan pada sambungan pipa dan belokan, yang secara hidraulik merupakan area bertekanan tinggi. Selain itu, sebagian valve isolasi tidak berfungsi optimal akibat korosi atau macet, sehingga proses isolasi kebocoran menjadi sulit dan memperpanjang durasi kehilangan air. Kondisi ini diperburuk oleh banyaknya meter pelanggan yang aus dan tidak terkalibrasi, yang berdampak pada akurasi pencatatan konsumsi dan berpotensi menambah apparent losses.

Tekanan air secara teknis dilaporkan kuat (0,15 L/10 D), namun informasi dari masyarakat menunjukkan adanya fluktuasi tekanan yang signifikan, terutama pada jam puncak dan wilayah ujung jaringan. Ketidakstabilan tekanan ini tidak hanya memengaruhi kontinuitas layanan, tetapi juga mempercepat degradasi pipa dan sambungan, sehingga meningkatkan risiko kebocoran. Temuan ini mengindikasikan lemahnya manajemen tekanan dan absennya pemeliharaan berbasis risiko, yang seharusnya menjadi bagian dari strategi pengelolaan aset sesuai standar ISO 55001. Standar ini menekankan pentingnya integrasi siklus hidup aset (perencanaan, pengoperasian, pemeliharaan, rehabilitasi, dan penggantian) dengan tujuan organisasi, serta penerapan prinsip Plan-Do-Check-Act untuk perbaikan berkelanjutan (Copperleaf, 2022; WSAA, 2024). Dalam konteks PDAM, penerapan ISO 55001 memungkinkan pengelolaan aset berbasis data, penilaian risiko kegagalan pipa, dan prioritas investasi untuk mengurangi NRW secara sistematis (Processus, 2025). Pendekatan ini sejalan dengan praktik terbaik global yang menggabungkan manajemen tekanan, deteksi kebocoran, dan pemeliharaan prediktif sebagai bagian dari strategi pengendalian NRW (Hazen & Sawyer, 2022).

4.3 Hasil Wawancara Masyarakat

Tabel 1. Wawancara Responden

No	Uraian Pertanyaan Wawancara	Jumlah Responden (20 Responden)	Jawaban Responden
1	Kelancaran aliran air (mengalir setiap hari / tidak)	20	Tidak setiap hari
2	Lama waktu air mengalir (jam/hari)	20	8 Jam /Hari

No	Uraian Pertanyaan Wawancara	Jumlah Responden (20 Responden)	Jawaban Responden
3	Tekanan air (kuat, sedang, lemah)	20	kuat (0,15 L/10 D)
4	Frekuensi air tidak mengalir dalam seminggu	20	3 Hari
5	Keberadaan sambungan ilegal yang diketahui masyarakat	5	Ada
6	Tingkat kepuasan terhadap pelayanan PDAM	10	Belum puas
7	Keluhan atau kendala yang sering dialami	20	air keruh di hari pertama
8	Apakah ada sumber air baku lain selain PDAM	8	ada (sumur Bor)

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2025

Wawancara terhadap 20 responden di empat kelurahan menunjukkan bahwa pasokan air PDAM bersifat intermiten. Seluruh responden menyatakan air tidak mengalir setiap hari, dengan durasi rata-rata 8 jam/hari. Tekanan air dilaporkan kuat (0,15 L/10 D), namun distribusi tetap tidak lancar, mengindikasikan masalah pada pola operasi bergilir. Frekuensi tidak mengalir mencapai 3 hari per minggu. Sebanyak 25% responden mengetahui adanya sambungan ilegal, dan 50% menyatakan belum puas terhadap layanan PDAM. Keluhan utama adalah air keruh di hari pertama aliran kembali, sedangkan 40% responden memiliki sumber alternatif berupa sumur bor. Temuan ini menegaskan bahwa keandalan layanan PDAM belum optimal dan berdampak pada kepuasan pelanggan.

4.4 Identifikasi Penyebab Kehilangan Air (NRW)

Interpretasi data PDAM Kota Kendari, Unit Pelayanan Wanggu menunjukkan adanya kesenjangan besar antara kapasitas sumber air baku (± 20 L/det), air olahan (± 14 L/det), dan air terjual (± 1 L/det). Fakta ini mengindikasikan tingkat kehilangan air yang sangat tinggi, yang disebabkan oleh kombinasi faktor teknis (*real losses*) dan faktor non teknis (*apparent losses*). Faktor teknis mencakup kebocoran pada pipa distribusi yang telah berumur lebih dari 15 tahun, kerusakan valve isolasi yang menghambat proses isolasi kebocoran, serta pola operasi bergilir yang memicu fluktuasi tekanan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Swantara et al. (2025) yang menekankan bahwa jaringan tua dan manajemen tekanan yang tidak optimal merupakan penyebab dominan NRW di Indonesia, dengan rata-rata nasional mencapai 33,7% pada tahun 2022. Penelitian tersebut juga merekomendasikan penerapan District Metered Areas (DMA) dan pengendalian tekanan sebagai strategi utama untuk menurunkan *real losses* secara signifikan. [doaj.org]

Di sisi lain, faktor non teknis (*apparent losses*) meliputi keberadaan sambungan ilegal, ketidakakuratan meter pelanggan akibat usia pakai yang panjang, serta

kesalahan pencatatan konsumsi. Studi oleh Farouk et al. (2023) mengidentifikasi bahwa *apparent losses* sering kali diabaikan, padahal kontribusinya terhadap NRW cukup besar, terutama di wilayah dengan sistem pencatatan manual dan meter yang tidak terkalibrasi. Penelitian tersebut menekankan pentingnya program kalibrasi meter dan audit data sebagai bagian dari strategi pengendalian NRW yang berkelanjutan. Temuan ini sejalan dengan kerangka IWA *Water Balance*, yang membagi NRW menjadi dua komponen utama: *real losses* (kebocoran fisik) dan *apparent losses* (kesalahan komersial dan administrasi). Pendekatan berbasis *water balance* memungkinkan PDAM untuk mengidentifikasi titik kritis kehilangan air dan merumuskan intervensi yang lebih terarah, seperti penggantian pipa tua, penerapan teknologi deteksi kebocoran, serta penertiban sambungan ilegal. Dengan demikian, pengendalian NRW di PDAM Kota Kendari, Unit Pelayanan Wanggu memerlukan kombinasi strategi teknis dan manajerial yang terintegrasi, sebagaimana direkomendasikan oleh IWA dan praktik terbaik global

4.5 Analisis dengan Pendekatan Manajemen Aset

Evaluasi berbasis ISO 55001 pada PDAM Kota Kendari, Unit Pelayanan Wanggu, mengungkap kelemahan mendasar dalam pengelolaan aset. Inventarisasi aset belum lengkap, sehingga informasi terkait umur, kondisi, dan riwayat gangguan pipa tidak terdokumentasi secara sistematis. Pemeliharaan jaringan masih bersifat reaktif, dilakukan hanya ketika terjadi kebocoran besar, bukan berbasis risiko dan kinerja. Kontrol terhadap sambungan ilegal belum memiliki prosedur standar, dan kalibrasi meter pelanggan tidak dilakukan secara rutin. Kondisi ini menghambat kemampuan PDAM untuk memprioritaskan rehabilitasi dan penggantian aset secara terukur. Menurut (WSAA, 2024), penerapan ISO 55001 dalam sektor air minum memberikan kerangka kerja yang jelas untuk mengintegrasikan kebijakan, tujuan, monitoring, audit, dan perbaikan berkelanjutan, sehingga pengelolaan aset dapat mendukung pengurangan NRW secara sistematis. [hukumonline.com]

ISO 55001 mendefinisikan *Asset Management System* (AMS) sebagai sistem terstruktur untuk mengelola siklus hidup aset, mulai dari perencanaan, pengoperasian, pemeliharaan, hingga penggantian, dengan prinsip *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). AMS bertujuan untuk memastikan bahwa setiap keputusan terkait aset selaras dengan tujuan strategis organisasi, termasuk efisiensi operasional dan keberlanjutan layanan. PDCA adalah siklus manajemen berkelanjutan yang terdiri dari empat tahap: perencanaan (*Plan*), pelaksanaan (*Do*), evaluasi (*Check*), dan tindakan korektif (*Act*), yang memastikan perbaikan terus menerus. Penelitian oleh Hazen and Sawyer (2022) menekankan bahwa penerapan AMS berbasis ISO 55001 pada utilitas air dapat meningkatkan keandalan jaringan, memperpanjang umur aset, dan menurunkan biaya kebocoran melalui pemeliharaan prediktif dan pengendalian tekanan. Dalam konteks PDAM Kota Kendari, integrasi AMS akan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data, seperti penilaian risiko kegagalan pipa dan prioritas investasi pada segmen kritis. Dengan demikian, pengendalian NRW tidak lagi bersifat reaktif, tetapi menjadi bagian dari strategi jangka panjang yang terukur dan berkelanjutan, sesuai rekomendasi praktik terbaik global (Copperleaf, 2022; Processus, 2025)

4.6 Rekomendasi Penanganan Kehilangan Air

Strategi pengendalian kehilangan air (NRW) pada PDAM Kota Kendari harus mencakup pendekatan teknis, non teknis, dan manajemen aset yang terintegrasi. Dari sisi teknis, pemetaan ulang pipa tua dan penggantian berbasis risiko menjadi prioritas karena umur pipa yang telah melampaui umur rencana meningkatkan kerentanan kebocoran. Deteksi kebocoran sistematis melalui metode acoustic survey (pendeteksian kebocoran menggunakan sensor suara untuk mengidentifikasi titik kebocoran secara non invasif) dan step test (pengujian kebocoran dengan menutup valve secara bertahap untuk memantau perubahan aliran dan tekanan) direkomendasikan untuk mengidentifikasi kebocoran laten secara cepat dan akurat. Selain itu, pemasangan dan penataan Pressure Reducing Valve (PRV) diperlukan untuk menjaga kestabilan tekanan dan mencegah overpressure yang dapat mempercepat kerusakan jaringan. Studi oleh Swantara et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan zonasi jaringan melalui District Metered Areas (DMA), yaitu pembagian jaringan distribusi ke dalam zona terukur dengan meter induk, mampu menurunkan NRW hingga 20% dalam satu tahun.

Pendekatan non teknis meliputi penertiban sambungan ilegal melalui inspeksi kolaboratif dan skema legalisasi pelanggan, serta program akurasi meter yang mencakup penggantian meter tua, uji sampling, dan penerapan SOP pembacaan meter. Namun, untuk menjawab tantangan pencatatan manual yang rentan terhadap kesalahan manusia, digitalisasi meteran melalui smart metering menjadi solusi strategis. Smart metering adalah teknologi pengukuran konsumsi air berbasis sensor digital yang memungkinkan pembacaan otomatis dan pengiriman data secara real time ke sistem pusat, sehingga menghilangkan kebutuhan pencatatan manual dan meningkatkan akurasi billing. Penelitian oleh Farouk et al. (2023) menegaskan bahwa digitalisasi meteran tidak hanya mengurangi apparent losses, tetapi juga mendukung analisis konsumsi berbasis data untuk perencanaan distribusi yang lebih efisien. Dari perspektif manajemen aset, rekomendasi utama adalah pembuatan database aset yang memuat informasi umur, kondisi, dan riwayat gangguan, serta penerapan risk based maintenance (strategi pemeliharaan yang memprioritaskan aset berdasarkan tingkat risiko kegagalan). Integrasi sistem manajemen aset berbasis ISO 55001 akan memastikan pengendalian NRW berkelanjutan melalui penerapan prinsip Plan-Do-Check-Act (PDCA), yaitu siklus perbaikan berkelanjutan dalam pengelolaan aset. Penelitian oleh Hazen and Sawyer (2022) menegaskan bahwa penerapan ISO 55001 pada utilitas air meningkatkan keandalan jaringan dan menurunkan biaya kebocoran melalui pemeliharaan prediktif. Dengan demikian, kombinasi strategi teknis, digitalisasi, dan manajemen aset yang terstruktur menjadi kunci untuk menurunkan NRW secara signifikan dan meningkatkan efisiensi operasional PDAM Kota Kendari.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menemukan bahwa tingkat kehilangan air (Non-Revenue Water/NRW) di PDAM Kota Kendari, Unit Pelayanan Wanggu, sangat tinggi, mencapai sekitar 93%. Kondisi ini disebabkan oleh kombinasi faktor teknis, seperti kebocoran pada pipa distribusi yang telah berumur lebih dari 15 tahun, kerusakan valve, dan fluktuasi tekanan akibat pola operasi bergilir, serta faktor non-teknis, termasuk sambungan

ilegal, ketidakakuratan meter pelanggan, dan kelemahan pencatatan konsumsi. Selain itu, pengelolaan aset belum terstruktur sesuai standar ISO 55001, sehingga pemeliharaan masih bersifat reaktif dan tidak berbasis risiko. Untuk menurunkan NRW secara signifikan, diperlukan penerapan manajemen aset berbasis ISO 55001 yang terintegrasi dengan strategi teknis (penggantian pipa tua, pengendalian tekanan, deteksi kebocoran) dan langkah non-teknis (penertiban sambungan ilegal serta kalibrasi atau penggantian meter pelanggan).

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PDAM Kota Kendari atas dukungan data dan informasi yang diberikan selama proses penelitian. Apresiasi juga disampaikan kepada masyarakat di wilayah pelayanan Wanggu yang telah bersedia menjadi responden dan meluangkan waktu untuk memberikan informasi melalui wawancara. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Program Pascasarjana Universitas Halu Oleo atas arahan akademik dan fasilitas yang mendukung penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arif Harahap, F., Nurhayati, E., & Ahyar, A. (2023). Studi Kehilangan Air pada DMA Perum III di Wilayah Pelayanan Pontianak Timur Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa. *JURNAL ENVIROTEK*, 15(2), 129–135. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v15i2.274>
- Diasa, I. W., Soriarta, I. K., & Suryawan, I. B. G. (2019). Analisa Kehilangan Air (Non Revenued Water) Pada Jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Studi Kasus : Kecamatan Mengwi. *Jurnal Teknik Gradien*, 1–19.
- Munis, A., Sundoro, M., & Soedjono, E. S. (2021). Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air Fisik. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6, 1103–1116.
- Mustakim, & Tegar Pratama, D. (2022). Analisis Non Revenue Water (NRW) pada Jaringan Pipa Air Bersih PDAM Kota Balikpapan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, 3(1), 25–33. <https://doi.org/10.36277/transukma.v3i1.68>
- Pratama, S., Purnaini, R., & Kadaria, U. (2024). Studi Kehilangan Air Pada Sistem Distribusi PDAM Tirta Khatulistiwa Dengan Metode Water Balance. *Jurnal Konstruksia* |, 16(1). <https://doi.org/10.24853/jk.16.1.11-23>
- Rengganis, S. I., & Notodarmojo, S. (2022). *Reducing Water Loss Based on Water Balance Method (By Using Step Test - Sounding Technique) and Financial Analysis (Case Study: Graha Indah Residence, PDAM Tirta Manggar In Balikpapan City)*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 28(1), 11–23. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2021.28.1.2>
- Romdloni, A., Ahyar, A., & Soedjono, E. S. (n.d.). *Studi Kehilangan Air Fisik dan Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus Pdam Kota Malang)*. 6(2).
- Swantara et al. (2025). *Optimization of District Metered Areas for Reducing NRW*.
- Rajapakse, J., Otoo, M., & Danso, G. (2023). *Recommendation: Progress in delivering SDG6: safe water and sanitation — R2/PR12*. <https://doi.org/10.1017/wat.2023.5.pr12>
- Nanda, F. A., Masduqi, A., Ahyar, A., & Adhi, B. W. (2024). Analisis tingkat *non-revenue water* (nrw) pada jaringan distribusi spam pusat perumda air minum palangka

- raya. *Jurnal Teknik Sipil Giratory Upgris*, 1(1), 37–46. <https://doi.org/10.26877/giratory.v1i1.19458>
- Firat, M., Orhan, C., Yilmaz, S., & Özdemir, Ö. (2021). *Su İdarelerinin Su Kayıp Yönetim Performansının Analizi ve Temel Performans Gösterge Hesaplama Aracının Geliştirilmesi*. 7(1), 75–88. <https://doi.org/10.21324/DACD.784488>
- Mulyanto, R., Winardi, W., & Apriani, I. (2023). Perencanaan instalasi pengolahan lumpur ipa parit mayor perumda air minum tirta khatulistiwa kota pontianak. *Jurnal Reka Lingkungan*, 11(1), 83–94. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v11i1.83-94>
- Silvia Gabrina T. et al. (2023). *Analisis Kehilangan Air pada Sistem Distribusi Air Minum*.
- Nanda et al. (2023). *NRW Reduction using FAVAD Method in DMA Planning*.
- Delnaz et al. (2023). *Asset Management Analytics for Urban Water Mains*.
- Copperleaf. (2022). *Practical Guidance on How to Implement ISO 55001*. [Link \[copperleaf.com\]](https://copperleaf.com)
- WSAA. (2024). *ISO 55001 Guidelines for the Water Industry*. [Link \[water360.com.au\]](https://water360.com.au)
- Processus Pty Ltd. (2025). *ISO 55001 for Utilities: Transforming Water and Energy Sector Asset Management*. [Link \[processus.training\]](https://processus.training)
- Hazen and Sawyer. (2022). *ISO 55000 and Asset Management: Application and Value to Water Utilities*. [Link \[hazenandsawyer.com\]](https://hazenandsawyer.com)
- Tanjung, S. M., Fahira, J. R., Walid, M., Syahputra, D. Z. A., & Simamora, I. Y. (2023). Pemanfaatan Pembangunan Sistem Pengelolaan Air Minum (SPAM) Regional Mebidang pada Masyarakat di Jalan Medan-Binjai Say. *El-Mal*, 5(1), 523–529. <https://doi.org/10.47467/elmal.v5i1.4843>
- Laucelli, D., Spagnuolo, S., Rinaldi, A. P., Perrone, G., Berardi, L., & Giustolisi, O. (2022). *Designing advanced asset management for Water Distribution Networks: application to a real case study*. <https://doi.org/10.4995/wdsa-ccwi2022.2022.14775>
- Dimkić, D., Babalj, M., Kovač, D., & Papović, M. (2022). *Non-Revenue Water in Water Supply Systems of Serbia and Montenegro*. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2022021010>
- Almeida, E. P. de, Silva, F. das G. B. da, & Valerio, V. E. de M. (2021). *Losses in water distribution networks – a bibliometric review: general aspects and optimization*. *Research, Society and Development*, 10(12). <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I12.20659>
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2020). *An Analysis of Physical Asset Management Core Practices and Their Influence on Operational Performance*. *Sustainability*, 12(21), 9097. <https://doi.org/10.3390/SU12219097>
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2020). *An Analysis of Physical Asset Management Core Practices and Their Influence on Operational Performance*. *Sustainability*, 12(21), 9097. <https://doi.org/10.3390/SU12219097>
- Rajarajeshwari, K. C. (2022). *Amélioration du rendement de réseau par la réduction des pertes physiques*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(7), 101–119. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i7.11s>