



Analisis Penurunan Angka Air Tidak Berekening (*Non Revenue Water*) Unit Kecamatan Kalianget Kabupaten Sumenep

Dwi Rezky Widiyanto*, Wahyono Hadi

Jurusan Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email Korespondensi : dwirezkywidiyanto@gmail.com

Diterima: 12 Desember 2022

Disetujui: 02 Maret 2023

Diterbitkan: 28 April 2023

Kata Kunci:

*Infrastructure Leakage Index (ILI),
Kehilangan Air, Neraca Air*

ABSTRAK

Konsumsi air bersih di Kabupaten Sumenep dilaksanakan oleh Perumdam Sumekar Kabupaten Sumenep yang merupakan Badan Usaha Milik Daerah. Berdasarkan laporan Audit BPKP Tahun 2021, angka Air Tidak Berekening mencapai 33,32%. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besaran kehilangan air dan strategi yang digunakan dalam rangka menurunkan angka kehilangan air menggunakan perhitungan Neraca Air dan ILI (*Infrastructure Leakage Index*). Perhitungan Neraca Air bertujuan mengidentifikasi kehilangan air yang terjadi dalam sistem pendistribusian. ILI (*Infrastructure Leakage Index*) bertujuan untuk mempertimbangkan pengelolaan jaringan dengan menggunakan skala. Hasil penelitian menggunakan metode Neraca Air, Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep mengalami kebocoran sebesar 31,3 % setara dengan 284.979 m³/tahun. Dengan kerugian financial sebesar Rp. 986.962.752 -/tahun. Sedangkan dengan metode ILI, Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep masuk pada golongan B dengan nilai kebocoran 100-200 liter/sambungan/hari, sehingga Perumdam Sumekar Kabupaten Sumenep tidak memanfaatkan hasil produksi air secara efisien dan perlu dilakukan upaya penanganan penurunan angka kehilangan air.

Received: 12 December 2022

Accepted: 02 March 2023

Published: 28 April 2023

Keywords:

Infrastructure Leakage Index (ILI), Water Loss, Water Balance

ABSTRACT

Consumption of clean water in Sumenep Regency is carried out by Perumdam Sumekar Sumenep Regency which is a Regional Owned Enterprise. Based on the 2021 BPKP Audit report, the Unaccounted Water figure reaches 33.32%. This study aims to calculate the amount of water loss and the strategy used in order to reduce the number of water losses using the calculation of the Water Balance and ILI (*Infrastructure Leakage Index*). Water balance calculation aims to identify water losses that occur in the distribution system. ILI (*Infrastructure Leakage Index*) aims to consider network management using scale. The results of the research using the Water Balance method, the Sumekar Drinking Water Perumda, Sumenep Regency experienced a leak of 31.3%, equivalent to 284,979 m³/year. With a financial loss of Rp. 986,962,752 -/year. Meanwhile, using the ILI method, the Sumekar Water Supply Company, Sumenep Regency, is included in group B with a leakage rate of 100-200 liters/connection/day, so that the Sumekar Regional Housing Agency, Sumenep Regency, does not utilize water production efficiently and efforts need to be made to reduce water loss.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sumenep memiliki 7 unit pelayanan air minum yang keseluruhan dikelola oleh Perumda Sumekar Kabupaten Sumenep, yang rata - rata menggunakan air baku berasal dari sumur bor sebesar 68,6 % dan mata air sebesar 31,4 % (Perumda Sumekar, 2021). Dalam rangka memenuhi peningkatan pelayanan air bersih Kabupaten Sumenep, Perumda Kabupaten Sumenep Kabupaten Sumenep telah menerapkan prinsip kuantitas, kualitas dan kontinuitas, Keterjangkauan (K4) masyarakat dalam penyediaan air bersih. Upaya yang dilakukan ialah mengoptimalkan hal tersebut dengan cara mengurangi nilai kehilangan air fisik dan non fisik.

Saat ini angka kehilangan air di seluruh Unit pelayanan air minum Kabupaten Sumenep sebesar 33,32 % (Audit BPKP, 2021) atau mengalami kerugian sebesar Rp 3.700.000.000. Hal ini menandai bahwa tingginya angka kehilangan pada pelayanan Perumda Sumekar Kabupaten Sumenep sehingga perlu dilakukan upaya dalam penurunan NRW untuk mencapai target secara nasional yang tertuang dalam RPJMN 2020-2024 sebesar 25% pada tahun 2024.

Penyebab tingginya angka kehilangan ini disebabkan oleh usia pipa yang sudah tua terutama pada pipa GI yang telah mengalami keropos serta pipa jenis ACP yang sering bocor pada sambungan. Sehingga perlu dilakukan upaya dalam penurunan NRW untuk mencapai target secara nasional.

Mengurangi tingkat kehilangan air (*Non Revenue Water*) dapat memberikan kontribusi untuk menyuplai akses air minum yang baik. Tetapi dalam masalah berskala besar, solusi perlu disesuaikan dengan kondisi dilapangan karena variasi penyebab kehilangan air dan mekanisme mengelolanya berbeda-beda, misalnya tidak akuratnya meter yang ada di pelanggan, kesalahan administrasi input data rekening, pencurian air. (G.M.G. Farok, 2017).

Untuk saat ini Perumda Air Minum Kabupaten Sumenep hanya melakukan perhitungan kehilangan air di seluruh unit pelayanan air minum namun tidak tersedia data kehilangan air berdasarkan masing masing unit kecamatan maka dalam penelitian ini dilakukan perhitungan kehilangan air di lokasi Unit Kecamatan Kalianget. Langkah pertama yang dapat dilakukan untuk menurunkan angka kehilangan air dapat melakukan pendekatan perperhitungan neraca air (*Water Balance*) yang berdasarkan pada keseimbangan air yang diproduksi, air yang di masuk maupun keluar, air yang dikonsumsi, air yang hilang (Winarni,2012). Selanjutnya dengan Metode ILI dapat diuraikan strategi dari solusi suatu kasus / masalah dalam upaya pengendalian angka NRW/ kehilangan air di Unit Kalianget.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dengan pengumpulan data sekunder untuk mengetahui nilai NRW air di Perumda Sumekar Kabupaten Sumenep melalui perhitungan water balance atau dikenal neraca air dan perhitungan ILI (*Infrastructure Leakage Index*) di SPAM IKK Kalianget.

2.1 Perhitungan Neraca Air

Non Revenued Water (NRW) atau Air Tidak Berekening (ATR) adalah Hasil pengurangan antara volume distribusi dan volume terjual / ditagihkan). Pengertian lain dari ATR adalah Air yg hilang, namun bisa diukur serta diketahui besarnya tetapi tidak bisa direkeningkan atau tidak bisa disebut penghasilan, namun bisa dipertanggungjawabkan.

Fungsi dari menghitung neraca air adalah untuk melakukan perhitungan angka ketersediaan/keandalan data dan tingkat angka kehilangan air. Nantinya hasil perhitungan yang dicatat dalam neraca air akan menjadi acuan dalam langkah strategi dalam penurunan angka Air Tak Berekening/ATR. Hasil perhitungan dalam neraca air dapat memberikan kesadaran tentang arti penting penurunan kehilangan air di suatu wilayah.

Beberapa data yang dikumpulkan untuk menghitung neraca air, sebagai berikut : (a) Angka Konsumsi air yang tercatat pada rekening; (b) Angka Konsumsi air yang tidak tercatat pada rekening;(c) Penggunaan pelanggan yang tidak resmi (*illegal*); (d) Penggunaan meter pelanggan yang tidak akurat dan kesalahan pada saat pencatatan meter; (e) Data sambungan; (f) Panjang pipa; (g) Banyaknya sambungan yang memiliki rekening resmi ;(h) Tekanan rata – rata.

Selanjutnya seluruh komponen tersebut dimasukkan ke dalam tabel perhitungan neraca air, kemudian dapat diketahui besaran angka Air Tak Berekening (NRW) yang terdiri dari (a) komponen konsumsi bermeter tak berekening; (b) konsumsi tak bermeter tak berekening; (c) konsumsi tak resmi; (d) ketidakakuratan meter pelanggan serta kesalahan data; (e) kebocoran pada pipa distribusi /transmisi; (f) kebocoran dan luapan tangki; (g) kebocoran di sambungan pelanggan

Berikut ini komponen untuk menghitung neraca air :

Tabel 1. Komponen Perhitungan Neraca Air

Sistem Input Produksi	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening (Ar)
		Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
	Kehilangan Air	Kebocoran Non Fisik	Konsumsi Tak Resmi	Air Tak Berekening (ATR)
		Kebocoran Fisi	Meter Tak Akurat Dan Kesalahan Data	

2.2 Perhitungan ILI (*Infrastructure Leakage Index*)

Menghitung ILI sebagai indikator kinerja Kehilangan Air Fisik dilakukan untuk menilai dan menentukan prioritas program pengendalian kehilangan air fisik berdasarkan nilai ILI (A, B, C atau D). Berikut ini cara melakukan perhitungan ILI sebagai berikut :

$$I L I = CAPL / MAAPL \quad (1)$$

MAAPL = Tingkat kehilangan yang diinginkan pada PDAM pada jaringan dalam kondisi baik dan melakukan pengendalian kebocoran secara aktif dan intensif.

CAPL = Kehilangan Fisik Tahunan Saat ini (riil)

Untuk perhitungan MAAPL (*Minimum Achievable Annual Physical Losses*) dalam satuan liter/hari menggunakan rumus:

$$MAAPL = (18 \times LM + 0.8 \times NC + 25 \times LP) \times P \quad (2)$$

NC = Jumlah Sambungan Pelanggan (SR)

Lp = Panjang rerata pipa dinas (km)

P = Tekanan rerata (m)

Selanjutnya Perhitungan CAPL (*Current Real Annual Physical Losses*) atau dikenal dengan kehilangan fisik tahunan saat ini (riil) yang didapatkan dari perhitungan water balance pada komponen kehilangan fisik.

$$CAPL = \text{Kehilangan Fisik}$$

Kemudian dapat dilihat pada tabel matriks dan kebocoran fisik dan matriks pedoman tindak lanjut perhitungan ILI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Neraca Air

Untuk mendukung perhitungan angka kehilangan air berupa input system dan didistribusikan ke dalam komponen pemakaian air. Selanjutnya sisa dari perhitungan itu menjadi komponen kehilangan air. Berikut ini beberapa data yang diperlukan dalam perhitungan *water balance* tahun 2021.

- Jumlah sambungan rumah sebanyak 3.169 unit .
- Jumlah produksi = 910.270m³
- Jumlah Air yang ditagih = 619.921 m³
- Jumlah produksi = 910.270 m³
- Hasil penjualan truk tangki rata-rata 500 m³/bulan;
- Pemakaian air rata-rata untuk hydran kebakaran tidak tersedia ;
- Pemakaian air untuk pencucian pipa 50 m³/bulan;
- Rata2 air terbuang saat pemasangan SR Baru 0,5 m³/jam; tiap bulan rata-rata memasang 4 SR dg lama pemasangan 2 jam;
- Pemakaian kantor sendiri digratiskan tidak ada;
- Dari hasil survey terakhir terdapat berapa jumlah 3 sambungan liar yang diperkirakan pemakaian air perbulan adalah sebesar 15 m³/bulan/sambungan;
- Perkiraan kesalahan data akibat ketidakakuratan meter sebesar 5% dari rekening yang bisa ditagihkan/tercatat dalam setahun.
- Sedangkan perkiraan kesalahan penanganan data 2% dari rekening yang bisa ditagihkan/tercatat dalam setahun. Hasil perhitungan neraca air SPAM IKK Kalianget :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Neraca Air

Sistem Input Produksi = 910,270 m ³ /Tahun	Konsumsi Resmi = 625.891 m ³ /Tahun	Konsumsi Resmi Berekening = 625.891 m ³ /Tahun	Konsumsi Bermeter Berekening = 619.291 m ³ /Tahun	Air Berekening (Ar) = 625.291 m ³ /Tahun
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening = 6.000 m ³ /Tahun	
	Kehilangan Air = 284.378 m ³ /Tahun	Konsumsi Resmi Tak Berekening = 600 m ³ /Tahun	Konsumsi Bermeter Tak Berekening = 0 m ³ /Tahun	Air Tak Berekening (Atr) = 284.979 m ³ /Tahun
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening = 600 m ³ /Tahun	
		Kebocoran Non Fisik = 43.890 m ³ /Tahun	Konsumsi Tak Resmi = 540 m ³ /Tahun	
			Meter Akurat Dan Kesalahan Data = 43.350 m ³ /Tahun	
	Kebocoran Fisik = 240.488 m ³ /Tahun	Kebocoran Pada Perpipaan Dan Peralatannya = 196.597 m ³ /Tahun		
		Kebocoran Pada Pipa Dinas Dari Batas Persil Sampai Meter Pelanggan = 43.890 m ³ /Tahun		

Sumber : Hasil Perhitungan 2022

Berdasarkan perhitungan neraca air yang telah dilakukan, hasil neraca air tersebut menggunakan analisis neraca air dalam setahun sesuai dengan waktu analisis yang telah ditentukan. Berdasarkan perhitungan yang dilakukann diperoleh besaran persentase kehilangan air sebesar 31,30% yang didominasi oleh kebocoran fisik sebesar 26,42 % atau sebesar 240.488 m³ dan 4,82 % kehilangan air non fisik sebesar 43.890 m³.

Semakin tingginya angka kehilangan air maka pendapatan hasil penjualan air oleh Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep semakin berkurang. Penyebab tingginya angka kehilangan air fisik di SPAM IKK Kalianget Kabupaten Sumenep disebabkan oleh seringkali terjadinya kebocoran pada sambungan pipa yang terjadi jaringan distribusi bagi/jaringan retikulasi sampai ke pelanggan, umur teknis pipa eksisting jenis ACP dan GIP sudah melebihi umur teknis pipa yaitu 20 tahun, kedalaman galian pipa kurang dari 1,5 m sehingga pipa rawan mengalami kebocoran terutama pipa di area Jalan Nasional yang dilewati truk truk dengan tonase tinggi menuju pelabuhan, kebocoran yang terjadi pada aksesoris *air valve* serta terdapat indikasi kesalahan pada saat pembacaan meter di *water meter* pelanggan yang dilakukan secara manual.

Dari uraian diatas, perlu dilakukan upaya dalam penurunan angka kehilangan air misalnya pembentukan DMA wilayah pelayanan, penggantian pipa eksisting yang seringkali mengalami kebocoran dan dilakukannya perhitungan Step test untuk mengetahui titik kebocoran dalam pipa.

Setelah dilakukan perhitungan kehilangan air, selanjutnya dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan kerugian dalam rupiah yang diterima Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep akibat kehilangan air berupa kebocoran pipa distribusi. Jumlah kerugian yang ditimbulkan sebagai berikut :

- Kerugian akibat kehilangan air non fisik sebesar Rp 176.174.460,- / tahun.
- Kerugian akibat kehilangan air fisik sebesar Rp 986.962.752,- / tahun.

Setelah dilakukan pengendalian dalam rangka upaya penurunan kehilangan yang dapat dilakukan oleh Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep diharapkan dapat meningkatkan pendapatan penjualan air di Kabupaten Sumenep serta kerugian akibat kehilangan air dapat menutupi seluruh operasional CAPEX maupun OPEX dari Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep atau dikenal dengan *Full Cost Recovery*.

Perhitungan Infrastructure Leakage Index (ILI)

Beberapa formula yang digunakan dalam perhitungan ILI :

- Perhitungan MAAPL (*Minimum Achievable Annual Physical Losses*) dalam satuan liter/hari.

$$MAAPL = (18 \times LM + 0.8 \times NC + 25 \times LP) \times P \quad (3)$$

$$NC = \text{Jumlah Sambungan Pelanggan} = 3169 \text{ SR}$$

$$Lp = \text{Panjang rerata pipa dinas}$$

$$= 20 \text{ m} \times 3169 \text{ SR}$$

$$= 63.380 \text{ m} = 63,36 \text{ km}$$

$$P = \text{Tekanan rerata} = 2 \text{ atm} = 20 \text{ m}$$

Maka :
 MAAPL = $(18 \times LM + (0,8 \times NC + 25 \times LP) \times P$
 = $(18 \times 33,6 + (0,8 \times 3169 + 25 \times 63,36) \times 20$
 = 94.478 liter/hari
 = 34.484.470 liter/tahun.

b. Perhitungan CAPL (*Current Real Annual Physical Losses*), Kehilangan Fisik Tahunan Saat ini (riil) yang didapatkan dari perhitungan water balance.

CAPL = Kehilangan Fisik .
 = 240.488 m³/tahun
 = 240.488.000 liter/tahun

c. Selanjutnya dilakukan perhitungan ILI :

ILI = $\frac{CAPL}{MAAPL}$
 = $\frac{240.488.000}{34.484.470}$
 = 6,97

d. Kemudian dapat dilihat pada tabel matriks dan kebocoran fisik dan matriks pedoman tindak lanjut perhitungan ILI.

Tabel 3. Matriks dan Target Kebocoran Fisik

	ILI	Kebocoran (lt/sambungan/hari)				
		Sistem dengan Tekanan				
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Negara Maju	A 1-2	<50	<75	<100	<125	
	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 2-4	<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	>1000

Sumber : Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR), 2013

Untuk selanjutnya penentuan kategori kebocoran dan strategi yang dilakukan dalam penurunan kehilangan air. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4 . Kategori Kebocoran

Kategori	Uraian
Golongan A	Penurunan kehilangan air lebih lanjut mungkin tidak efisien, kecuali terdapat kelangkaan air baku. Perlu perhitungan yang teliti untuk mempertimbangkan Cost Effective.
Golongan B	Potensial untuk penurunan kehilangan air, pertimbangkan untuk pengelolaan tekanan, pengendalian kebocoran aktif yang lebih baik dan program pemeliharaan pipa.

Golongan C Kinerja tingkat kehilangan air yang buruk, bisa toleransi apabila terdapat air baku yang berlimpah dan harga jual rata-rata yang rendah. Lakukan analisis komponen kehilangan air, dan intensifkan upaya penurunan kehilangan air.

Golongan D Penggunaan sumber daya air yang sangat tidak efisien. Program penurunan kehilangan air yang sangat penting dan merupakan prioritas utama

Sumber : Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR), 2013

Berdasarkan perhitungan ILI yang telah dilakukan didapatkan hasil sebesar 6,97 dengan nilai tekanan rata-rata 20 m dimana dalam matriks nilai rata-rata tekanan dalam matriks target kebocoran fisik masuk dalam Kategori Kinerja Teknik Kelompok B dengan besaran angka kebocoran sebesar 100-200 liter/sambungan /hari.

Untuk kategori kinerja teknik kelompok B dengan Nilai Kebocoran 100-200 liter/sambungan /hari di rekomendasikan untuk melakukan penurunan angka NRW yang mempertimbangkan pada pengaturan tekanan jaringan , pengendalian kebocoran aktif yang lebih baik, dan program pemeliharaan pipa. Beberapa metode pengendalian kebocoran aktif yang dapat dilakukan dengan cara penggunaan step test namun setelah didapatkan hasil pengukuran dapat melakukan sounding untuk mencari lokasi / titik kebocoran tersebut. Setelah dilakukan upaya pengendalian kehilangan air diharapkan dapat meningkatkan pendapatan Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep serta peningkatan pelayanan di pelanggan sehingga memenuhi prinsip 3K (kualitas, kuantitas dan kontinuitas).

Berdasarkan hasil perhitungan ILI beberapa upaya yang dapat dilakukan dalam rangka penurunan angka kehilangan air berupa penggantian water meter pelanggan dengan umur teknis diatas 5 tahun, penggantian pipa eksiting jenis ACP dan pembentukan DMA pelayanan, melakukan evaluasi pemakaian water meter pelanggan dibawah 10 m³ / survey anomali pelanggan serta uji akurasi meter air pelanggan. Selanjutnya dilakukan melakukan penggantian meter air pelanggan.

Dalam rangka pengendalian kehilangan memerlukan biaya investasi yang cukup tinggi, maka Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep memerlukan beberapa alternatif pembiayaan yang berasal dari sumber pendanaan daerah, kerja sama B-B serta dapat melakukan skema pinjaman perbankan dengan memperhatikan kelayakan investasi dengan mempertimbangkan jangka waktu pengembalian dari investasi yang dilakukan.

Selain didukung dari aspek teknis dan keuangan diperlukan penguatan dari kelembagaan dalam rangka penurunan kehilangan air berupa pembentukan Sub Bagian Tim Kehilangan Air (NRW) yang bertanggung jawab secara langsung kepada Kabag Teknis. Tim Kehilangan air ini dipimpin oleh Kepala Sub Bagian.

Tim kehilangan air sendiri memiliki fungsi untuk memberikan rumusan rumusan SOP upaya pengendalian kehilangan air, merumuskan rencana kegiatan pelaksanaan penurunan NRW, dan melakukan inspeksi upaya penurunan NRW menggunakan metode step test.

Lingkup pekerjaan dari tim penurunan kehilangan air berupa penyusunan rencana kerja dalam penurunan NRW, melakukan inspeksi upaya pengendalian NRW, melakukan perencanaan dan mengawasi kegiatan manajemen pengaturan tekanan, penyusunan dokumen perencanaan serta melakukan pengawasan terhadap implementasi dari pengendalian *water balance* pada setiap *District Meter Area* (DMA), penyusunan Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP) penanggulangan kehilangan air baik fisik maupun *commercial* dan melaporkan hasil temuan / investigasi laporan Kehilangan air kepada Kabag Teknik dan Direktur serta melakukan kegiatan peningkatan kapasitas SDM dalam hal teknis kegiatan perbaikan /penanggulangan kebocoran.

4. SIMPULAN

Berdasarkan Perhitungan neraca air yang dilakukan diperoleh angka kehilangan air sebesar 284.979 m³/tahun dengan kerugian keuangan dari 31,30 % air yang hilang sebesar Rp. 986.962.752,- / tahun.

Berdasarkan metode ILI (*Infrastructure Leakage Index*) dapat diketahui bahwa Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep masuk dalam golongan B dengan nilai kebocoran 100-200 liter/sambungan/hari, Yang artinya Perumda Air Minum Sumekar Kabupaten Sumenep tidak menggunakan sumber daya secara efisien. Dan hal ini harus segera ditangani. Jika tidak dilakukan upaya penurunan untuk kehilangan air, maka setiap tahun akan mengalami kerugian financial semakin besar.

Saran yang dapat diberikan adalah perusahaan perlu menggunakan metode Neraca Air dan ILI (*Infrastructure Leakage Index*) setiap tahunnya untuk dapat mengetahui besaran kehilangan air setiap tahunnya. Selain itu untuk mendukung biaya investasi yang dilakukan dalam rangka upaya penurunan kehilangan perlu dilakukan perhitungan kelayakan investasi proyek kehilangan air dengan output jangka waktu pengembalian biaya investasi yang dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

Ali Mu'min, Muhammad. 2017. *Penurunan Kehilangan Air Pada Perumahan Di Sistem Distribusi Cikokol Dengan Metode Neraca Air*, Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang, Vol. 9, No. 2 Th.2020 ISSN: 2302-8734, 116 – 123.

Aminuddin. 2017. Analisis Kehilangan Air Pdam Kabupaten Padang Pariaman Unit Batang Anai.Padang; Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang.

Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). 2013. *Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Buku Pegangan Tentang Air Tak Berekening (NRW) Untuk Manajer; *Panduan Untuk Memahami Kehilangan Air*, Malcolm Farley dkk.

Fallis et al., 2010. *A Parameter Classification System for Nonrevenue Water Management in Water Distribution Networks. Advances in Civil Engineering*, Volume 2018, Article ID 3841979.

Farok, G.M.G. 2016. *Non-Revenue Water (NRW) is a challenge for Global Water Supply System Management : A case study of Dhaka Water Supply System Management*. Journal of Mechanical Engineering, Vol. ME 46, December 2016.

Fatimah, Sri Meutia dan Suri Astika. 2019. *Analisis Kehilangan Air Dengan Metode Neraca Air Dan Infrastructure Leakage Indeks Pada Pdam Tirta Tamiang*, SNTI 2019, Lhokseumawe 14-15 Oktober 2019. ISSN : 2338 7122.

Mustafidah, H. 2019. *Optimalisasi Tingkat Kehilangan Air Pdam Kota Mojokerto Dengan Penerapan Sistem Distric Meter Area (DMA) Ditinjau Dari Aspek Teknis, Kelembagaan Dan Finansial*. Surabaya: Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember

I Wayan Diasa,I Ketut Soriarta, Ida Bagus Gede Suryawan. 2019. *Studi Kasus Analisa Kehilangan Air (Non Revenued Water) Pada Jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Kecamatan Mengwi*. Jurnal Teknik UNR, Gradien Vol.11, No.2. Oktober 2019.

Indah Eka, F. 2014. *Strategi Penurunan Kebocoran Di Sistem Distribusi Air Bersih Kota Mataram*. Surabaya: Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember.

Mustakim & Pratama D. T. 2020. *Analisis Non Revenue Water (NRW) Pada Jaringan Pipa Air Bersih Pdam Kota Balikpapan*. Jurnal TRANSUKMA Volume 03.

Nazar, L. T., & Soedjono, E. S. (2012). *Studi Keakuratan Meter Air Terhadap Kehilangan Air*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, 1-3.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016. *Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya.

Prayogo, Tri Budi Prayogo Sutikno, Rispiningtati,. 2015. *Studi Kelayakan Ekonomi Sistem Jaringan Air Bersih Hipam Kelurahan Dadaprejo Kecamatan Junrejo Kota Batu*. Malang: Dosen Jurusan Teknik Pengairan Politeknik Negeri Malang

Romdloni. Anwar , Agus Ahyar, Eddy S. Soedjono 2021. *Studi Kehilangan Air Fisik Dan Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus PDAM Kota Malang)*. Jurnal Ilmiah Indonesia p-ISSN: 2541-0849, 1190-1201.

Ridwan Abran,Muhammad Nawa Syarif. 2020. *Studi Kasus Penurunan Kehilangan Air Pada Sistem Distribusi Air PDAM Di DMA Pondok Mutiara Payung Sekaki Dengan Metode Steptest*. Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Riau, Vol. 6, No. 1 (2020) ISSN: 2354-6751 .

Rony Riduan, Muhammad Firmansyah dan Shelda Fadhillah. 2017. *Evaluasi tekanan jaringan distribusi zona air minum prima (ZAMP) pdam intan banjar menggunakan epanet 2.0*, Jurnal Teknik Lingkungan,3 (1):12-20,2017.

Supardi, Djoni. 2010. *Pengendalian Kebocoran Air*. Akademi Teknik Tirta Wiyata. Magelang.

Widy, S. 2017. *Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang*. Surabaya: Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember

Winarni. (2012). *Manajemen Pengendalian Kehilangan Air*. Jakarta: Universitas Trisakti.