

## **EVALUASI *DISTRICT METER AREA* (DMA) ZONA MOJOLANGU DALAM PENURUNAN *NON REVENUE WATER* (NRW) PERUMDA AIR MINUM TUGU TIRTA KOTA MALANG**

**Anwar Romdloni**

Balai Prasarana Permukiman Wilayah Maluku Utara, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Indonesia

Email: anwarromdloni94@gmail.com

### **Abstrak**

Pertumbuhan penduduk di Kota Malang memberikan dampak peningkatan kebutuhan air minum. Untuk menjamin ketersediaan air minum, Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang berupaya untuk menurunkan *Non Revenue Water* (NRW). Data NRW yang didapatkan dari neraca air tahunan sebesar 28,57 % yang mengakibatkan kerugian sebesar 80 milyar per tahun. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kondisi DMA dengan tingkat NRW dibawah 25 % di Zona Mojolangu, mengkaji kondisi DMA yang masih tinggi diatas 25 % di Zona Mojolangu, melakukan analisis faktor-faktor penyebab tingginya angka *Non Revenue Water* (NRW) dan kontinuitas pengaliran air minum yang kurang maksimal pada *District Meter Area* (DMA) di wilayah Zona Mojolangu melalui pembuatan neraca air (*water balance*) dan simulasi perangkat lunak EPANET 2.2, melakukan analisis kelayakan investasi dan biaya operasional DMA di wilayah Zona Mojolangu, melakukan analisis strategi dalam peningkatan bagian kehilangan air terhadap penurunan *Non Revenue Water* (NRW). Metode secara teknis yaitu pengendalian secara aktif seperti kegiatan *steptest*, pencarian kehilangan air komersial, neraca air dan simulasi jaringan distribusi eksisting menggunakan Epanet 2.2 untuk melakukan analisa hidrolis. Metode analisa pembiayaan dengan perhitungan NPV, IRR, BCR, PP. Metode analisa strategi dalam peningkatan bagian kehilangan air yaitu pengelolaan tekanan, pengendalian secara aktif, kecepatan dan kualitas perbaikan serta manajemen aset. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan pipa HDPE salah satu upaya menekan kebocoran. DMA dengan NRW diatas 25 % terjadi kebocoran pada saat jam minimum. Penyebab NRW disebabkan konsumsi air tak bermeter 17,28 %, kehilangan air fisik 16,39 % dan kehilangan air non fisik 4,72 %. Biaya operasional dan nilai investasi layak dijalankan dengan NPV yaitu Rp. 9.350.245 > 0, IRR yaitu 10,2 % > Suku Bunga 7 %, BCR yaitu 2,4 > 1 dan PP yaitu 4 Tahun 3 Bulan. Upaya strategi bagian kelembagaan yaitu pengaturan PRV dengan penurunan tekanan pada jam minimum, kegiatan *steptest* dan penulisan secara rutin dengan prioritas NRW, memenuhi target realisasi dengan memperhatikan kualitas perbaikan hingga selesai *flushing*, peningkatan pengelolaan aset.

**Kata kunci:** DMA, NRW, Zona Mojolangu

<b>How to cite:</b>	Anwar Romdloni (2022). Evaluasi District Meter Area (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan Non Revenue Water (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. <i>Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia</i> . 7 (9).
<b>E-ISSN:</b>	2548-1398
<b>Published by:</b>	Ridwan Institute

### **Abstract**

*Population growth in Malang city has an impact on increasing drinking water needs. To ensure the availability of drinking water, the Tirta Tugu Air Minum Perumda of Malang City is trying to reduce Non Revenue Water (NRW) which is water loss coupled with official consumption of no-legal based on the water balance by the International Water Association. NRW data obtained from the annual water balance of 28,57 % resulted in a loss of 80 billion per year. The purpose of this study is to examine the condition of DMA with NRW levels below 25 % in the Mojolangu Zone, review the condition of DMA which is still high above 25 % in the Mojolangu Zone, conduct an analysis of the factors causing high non-revenue water (NRW) and continuity of drinking water flow that is less than optimal in the District Meter Area (DMA) in the Mojolangu Zone area through the creation of water balance and EPANET software simulation 2.2, conducting an analysis of the feasibility of investment and operational costs of DMA in the Mojolangu Zone area, conducting a strategy analysis in optimizing the work team of the water loss section against the decline of Non Revenue Water (NRW). Technical methods such as active control such as steepest activities, commercial water loss search, water balance and simulation of existing distribution networks use Epanet 2.2 to perform hydraulic analysis. Method of financing analysis with calculations of NPV, IRR, BCR, PP. Methods of strategy analysis in improving the water loss part are pressure management, active control, speed and quality improvement and asset management.*

*The result of this study is the use of HDPE pipes one of the efforts to prevent leakage. DMA with NRW above 25% on average there is a leak during minimum hours. The average component causing NRW is caused by 17,28% unmetered water consumption, 16,39% physical water loss and 4,72% non-physical water loss. Operating costs and investment value are worth running with NPV which is Rp. 9.350.245 > 0, IRR is 10,2 % > interest rate of 7 %, BCR which is 2,4 > 1 and PP is 4 years 3 month. Institutional strategy efforts are PRV arrangements with pressure reduction at minimum hours, steepest and smoothing activities regularly with NRW priorities, meet the realization target by paying attention to the quality of improvement until completion of flushing, improving asset management.*

**Keywords:** DMA, NRW, Mojolangu Zone

### **Pendahuluan**

Kehilangan air merupakan salah satu komponen dalam *Non Revenue Water (NRW)* yang menjadi permasalahan PDAM (Suryawan, 2019) dan (Taini & Purnomo, 2017). Sedangkan NRW merupakan kehilangan air ditambah dengan konsumsi resmi tak berekening berdasarkan neraca air oleh Asosiasi Air Internasional (*International Water Association / IWA*) (Mu'min, 2020). Saat ini tingkat kehilangan air Perumda Air Minum Kota Malang sesuai dengan buku kinerja BUMD Air Minum Tahun 2020 sebesar 15,93% dibawah target nasional adalah sebesar 25% pada tahun 2024 yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN). Meskipun tingkat kehilangan air sudah rendah, akan tetapi data NRW yang didapatkan dari neraca air tahunan Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang sebesar 28,57% yang mengakibatkan kehilangan pendapatan (Perumda Tugu Tirta Kota Malang, 2021) (Dwinugroho, Masduqi, & Ahyar, 2022).

Jika dilakukan perhitungan, peluang pendapatan yang hilang diakibatkan oleh *Non Revenue Water* (NRW) berdasarkan pada biaya harga air saat itu sebesar (Rp 5.769 per m<sup>3</sup>), sedangkan produksi 48.388.026 m<sup>3</sup> per tahun, sehingga mengalami biaya kerugian sebesar 80 miliar dalam setahun. Besarnya nilai biaya kerugian karena NRW tersebut merupakan motivasi yang luar biasa dibalik mengapa perlu dilakukan upaya-upaya menurunkan tingkat NRW. Di samping itu, manfaat menurunkan NRW dapat menambah volume air sehingga dapat menambah cakupan pelayanan, menambah pendapatan dan menurunkan biaya operasional perusahaan (Perumda Tugu Tirta Kota Malang, 2021) (Lolon & SUNARYO, 2017).

Upaya penurunan NRW melalui pengendalian secara aktif merupakan salah satu pilar strategi yang terdapat dalam pengendalian kebocoran (Romdloni, Ahyar, & Soedjono, 2021) dengan melakukan pendeteksian kebocoran melalui pengukuran aliran dan tekanan yang sistematis, serta pemodelan DMA dengan pembagian jaringan kedalam zona-zona hidrolis kecil berdasarkan wilayah yang dilakukan pengukuran secara terus menerus terhadap pengaliran dan tekanan. Tujuan pembentukan DMA adalah penurunan waktu ketidakpedulian terhadap kebocoran, memprioritaskan aktivitas deteksi kebocoran dan suatu dasar yang sangat baik untuk manajemen tekanan (Laila Febrina, Julfi Restu Amelia, Soecahyadi, & Ira Mulyawati, 2020).

Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang memiliki 19 Zona yang terdiri dari 260 DMA, dalam penelitian ini akan mengevaluasi penerapan DMA di salah satu Zona yaitu Zona Mojolangu sebagai salah satu upaya untuk penurunan NRW. Alasan pemilihan Zona Mojolangu adalah terdapat DMA yang tingkat *Non Revenue Water* (NRW) dibawah 25% bertujuan untuk memperoleh *best practice* dalam pembentukan DMA sehingga didapatkan variabel-variabel yang digunakan dalam menurunkan NRW pada DMA dengan tingkat NRW terendah yang dapat diaplikasikan dalam menaikkan kinerja DMA sebagai upaya penurunan NRW yang masih tinggi diatas 25% (Perumda Tugu Tirta Kota Malang, 2021). Oleh karena itu diperlukan sebuah kajian aspek teknis dan aspek pembiayaan untuk mengetahui kelayakan dari implementasi suatu sistem DMA yang ada, selain itu perlu dilakukan pula kajian dalam aspek kelembagaan.

### **Metode Penelitian**

Alur penelitian ini dengan memilih DMA dengan tingkat NRW terendah yang dibawah 25% dan DMA dengan NRW diatas 25%. Tujuan dari pemilihan DMA dengan NRW terendah adalah untuk mengkaji kondisi DMA dalam implementasi DMA sehingga didapatkan *best practice*. Dengan mendapatkan *best practice* DMA maka akan didapatkan variabel-variabel yang digunakan dalam menurunkan NRW sehingga dapat diaplikasikan untuk menaikkan kinerja DMA sebagai upaya penurunan NRW yang masih tinggi diatas 25% (Indrawati, 2018). Berikut data awal yang didapatkan dari *water balance* induk DMA periode Januari Tahun 2021 untuk mengetahui tingkat NRW yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Water Balance Meter Induk DMA Periode Januari Tahun 2021**

Lokasi	Service DMA	Pelanggan	NRW		
			m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> /day
<b>Zona Mojolangu</b>					
Jl. Taman Borobudur	Mojo 2B	2.184	23.794	40	768
Tandon Mojolangu 2	Mojo 2	4.460	15.516	17	501
Jl. Candi Mendut	Mojo 1F, 1F-A, 1F-C	1.151	12.236	39	395
Jl. Simpang Borobudur (Waing)	Mojo 2B4	497	6.936	45	224
Jl. Tombro Lapangan	Mojo 3E	502	3.852	32	124
Jl. Kendalsari	Mojo 1B	1.117	3.202	15	103
Jl. Sukarno Hatta (Tambal Ban)	Mojo 1D	360	3.103	28	100
Jl. Simpang Candi Mendut	Mojo 1F	1.004	2.503	13	81
Jl. Sukarno Hatta (Krida Budaya)	Mojo 1E	35	395	38	13
Jl. Tombro Polowijen	Mojo 3D	921	146	1	5

Kemudian menganalisis faktor-faktor penyebab tingginya angka *Non Revenue Water* (NRW) dan kontinuitas pengaliran air minum yang kurang maksimal pada *District Meter Area* (DMA) di wilayah Zona Mojolangu dengan neraca air, metode pencarian kehilangan air menggunakan step test, melakukan pencarian commercial losses, dan menganalisis hidrolika dengan simulasi perangkat lunak Epanet 2.2.

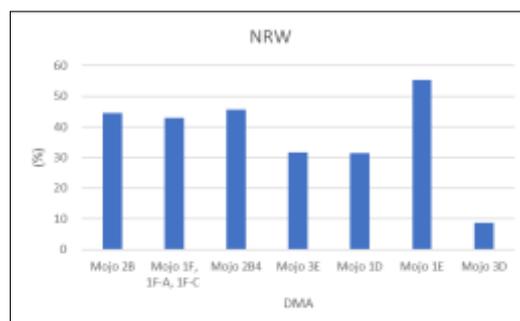
Kemudian dilakukan kelayakan investasi DMA di wilayah Zona Mojolangu meliputi biaya operasional, internal rate of return (IRR), net present value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR) dan payback period (PP).

Dalam upaya penurunan NRW juga diperlukan peranan kelembagaan dengan menganalisis peningkatan terhadap penurunan NRW sehingga dapat berjalan dengan maksimal (Rambe, Rajagukguk, & Habib, 2021).

## Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil Penelitian

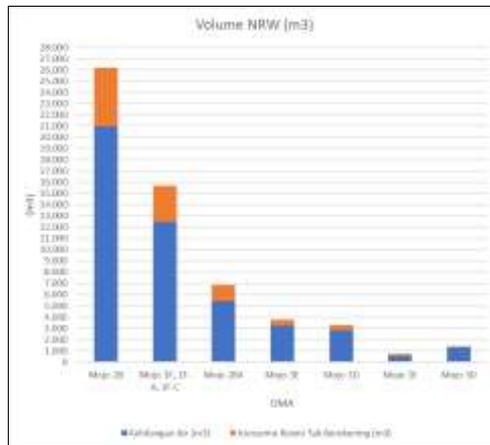
Penelitian NRW di DMA dirata-ratakan selama Bulan Januari - Agustus 2021.



**Gambar 1. Rata - Rata Prosentase NRW**

Evaluasi *District Meter Area* (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

Dari prosentase NRW pada Gambar 1 didapatkan Mojo 1E tertinggi tingkat NRW dalam prosentase. Akan tetapi volume NRW yang terbagi kehilangan air dan konsumsi resmi tak berekening pada Gambar 2 didapatkan Mojo 1E menjadi terendah, dikarenakan pengaruh dari jumlah sambungan rumah yang dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 2. Rata - Rata Volume NRW**

**Tabel 2 Jumlah Sambungan Rumah**

No	DMA	Jumlah Sambungan Rumah
1	Mojo 2B	2.183
2	Mojo 1F, 1F-A, 1F-C	1.154
3	Mojo 2B4	497
4	Mojo 3E	503
5	Mojo 1D	361
6	Mojo 1E	24
7	Mojo 3D	931

Maka dari kondisi tersebut dilakukan seleksi kriteria DMA dengan perbandingan jumlah sambungan rumah 500 - 2000 SR. Berikut Tabel 3 yang memenuhi kriteria DMA berdasarkan jumlah sambungan rumah (SR).

**Tabel 3. DMA yang memenuhi kriteria**

No	DMA	Jumlah Sambungan Rumah
1	Mojo 1F, 1F-A, 1F-C	1.154
2	Mojo 2B4	497
3	Mojo 3E	503
4	Mojo 3D	931

Berikut adalah panjang pipa pada masing-masing diameter ( $\emptyset$ ) pipa yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan jenis pipa pada Tabel 5.

**Tabel 4. Panjang Pipa**

No	DMA	Panjang Pipa (m)					
		Ø 250 mm	Ø 200 mm	Ø 150 mm	Ø 100 mm	Ø 75 mm	Ø 50 mm
1	Mojo 2B	1.154,82	1.585,38	1.511,23	1.658,32	1.828,66	16.228,6
2	Mojo 1F, 1F- A, 1 F-C		12,84	905,46	275,98	2.281,55	9.649,55
3	Mojo 2B4		605,53		727,33	547,49	3.737,31
4	Mojo 3E				1.247,38	827,99	3.348,5
5	Mojo 1D		604,19		856,33	549,33	2.333,89
6	Mojo 1E				161,36	232,5	350,34
7	Mojo 3D				2.275,46	417,65	7.159,8
Jumlah		1.154,82	2.807,94	2.416,69	7.202,16	6.685,17	42.807,99

**Tabel 5. Jenis Pipa**

No	DMA	Jenis Pipa					
		Ø 250 mm	Ø 200 mm	Ø 150 mm	Ø 100 mm	Ø 75 mm	Ø 50 Mm
1	Mojo 2B	HDPE	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC
2	Mojo 1F, 1F-A, 1 F-C		PVC	PVC	PVC	PVC	PVC
3	Mojo 2B4		PVC		PVC	PVC	PVC
4	Mojo 3E				PVC	PVC	PVC
5	Mojo 1D		HDPE		PVC	PVC	PVC
6	Mojo 1E				PVC	PVC	PVC
7	Mojo 3D				PVC	HDPE	HDPE

Berikut adalah rekapitulasi panjang pipa pada masing-masing DMA dan volume kehilangan air fisik yang dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Rekapitulasi Panjang Pipa dan Volume Kehilangan Air Fisik**

No.	DMA	Jumlah Panjang Pipa (m)	Volume Kehilangan Air Fisik (m <sup>3</sup> )
1	Mojo 2B	23.967	19.546
2	Mojo 1F, 1F-A, 1 F-C	13.125	11.562
3	Mojo 2B4	5.618	5.040

4	Mojo 3E	5.424	3.085
5	Mojo 1D	4.344	2.678
6	Mojo 1E	744	484
7	Mojo 3D	9.853	1.293

Berdasarkan data panjang pipa dan diameter pipa diatas, kemudian dilakukan seleksi DMA yang berdasarkan *handbook* teknik penanggulangan kehilangan air yaitu kondisi panjang pipa dianjurkan antara 3000 - 8000 meter dan diameter pipa < 200 mm untuk pipa sekunder dan tersier (Cipta Karya, 2018). Berikut Tabel 7 yang memenuhi kriteria DMA berdasarkan panjang pipa dan diameter pipa.

**Tabel 7. Kriteria DMA berdasarkan panjang pipa dan diameter pipa**

No.	DMA	Jumlah Panjang Pipa (m)	Maksimal Diameter Pipa
1	Mojo 3E	5.424	100

Selain dari kehilangan volume air akibat fisik, berikut adalah rekapitulasi penggantian meter air terkait kehilangan air komersial dalam masing-masing DMA yang dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8. Rekapitulasi Penggantian Meter Air terkait Kehilangan Air Komersial**

No	DMA	Grand Total	Penggantian Meter Air per SR	Volume Air Komersial (m <sup>3</sup> )
1	Mojo 2B	63	0,04	786
2	Mojo 1F, 1F-A, 1 F-C	49	0,04	532
3	Mojo 2B4	6	0,01	65
4	Mojo 3E	6	0,01	39
5	Mojo 1D	12	0,03	94
6	Mojo 1E	2	0,05	25
7	Mojo 3D	48	0,05	68

## B. Pembahasan

### 1. Penggantian Meter Air

Dari data Perumda yang didapatkan bahwa pada kehilangan air komersial terkait penggantian meter berpengaruh terhadap NRW, semakin banyak penggantian meter air maka akan membuat NRW menjadi rendah. Dalam rangka untuk mencari kebocoran pipa dilakukan pencarian kebocoran secara aktif / *Active Leakage Control* (ALC) dengan metode *septest* yaitu teknik untuk mencari teknik untuk mencari lokasi atau area dengan jumlah kehilangan air terbesar dalam DMA.

## 2. Kondisi Hidrolis

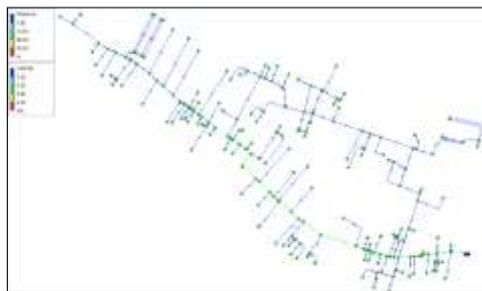
Data fluktuasi konsumsi air menjadi sangat penting karena kapasitas sistem harus mencukupi kebutuhan air pada saat jam puncak (Erianik, dkk., 2020). Berdasarkan fluktuasi pemakaian air cukup banyak diwaktu malam hari dikarenakan pelanggan air di DMA Mojo 3E sebagian besar ruko yang banyak menampung air di malam hari dan pemakaian air lebih banyak pada siang hari.

Kemudian dilakukan pemodelan Epanet 2.2 dengan mengacu pada peta jaringan pipa, berikut peta DMA Mojo 3D yang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Peta Jaringan Pipa DMA Mojo 3D**

Dari peta jaringan Gambar 3, kemudian dilakukan simulasi Epanet 2.2 pada Gambar 4. Hasil simulasi hidrolis menggunakan perangkat lunak Epanet 2.2 diantaranya adalah tekanan di titik-titik tertentu dan kecepatan aliran dalam masing-masing pipa. Pada sistem pengaliran air distribusi harus memperhatikan kriteria teknis dengan standar tekanan dan kecepatan aliran air dalam pipa yang tertera dalam Tabel Kriteria Pipa Distribusi pada Tabel 9.



**Gambar 4. Hasil Simulasi Epanet 2.2 DMA Mojo 3D**

**Tabel 9. Hasil Simulasi dengan Standar Kriteria**

No	Uraian	Kriteria	Hasil Simulasi
1	Kecepatan aliran air dalam Pipa PVC atau ACP	0,3 - 0,6 m/det (Vmin) 3,0 - 4,5 m/det (Vmax)	0,35 – 0,78 m/det
2	Tekanan air dalam pipa a) Tekanan minimum		

Evaluasi *District Meter Area* (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

b) Tekanan maksimum	(0,5 - 1,0) atm, pada titik	1 atm, pada titik
- Pipa PVC atau ACP	jangkauan pelayanan	jangkauan
- Pipa PE 100	terjauh.	pelayanan terjauh.
- Pipa PE 80	6 - 8 atm	
	12,4 MPa	3 atm (Pipa PE 50)
	9,0 MPa	

Selanjutnya untuk DMA dengan tingkat NRW diatas 25 % yang berada di 6 DMA akan ditinjau grafik fluktuasi konsumsi air dan tekanan seluruh DMA dan dilakukan simulasi Epanet 2.2.

### 3. Kegiatan Steptest

Teknis pelaksanaan steptest adalah dengan memantau debit inlet DMA yang akan di steptest untuk merekam aliran air, kemudian valve di setiap ruas DMA ditutup secara sistematis dan berurutan berdasarkan isian blanko steptest. Didapatkan indikasi kebocoran pada DMA Mojo 1D yang dapat dilihat pada Gambar 5 dengan kategori bocor sedang hingga tinggi berada pada jenis pipa PVC, sedangkan untuk kategori bocor rendah berada pada jenis pipa HDPE.

STEP									MONITORED PIPE LEAKS	TIME HOUR	DEBIT (L/dtk)	WATER LOSS (L/dtk)	dSR	dQ/dSR	LEAKY CLASSES	PIPE TYPES
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8								
BEGIN	O	O	O	O	O	O	O	C		22:40	1,78					
STEP 1	C	O	O	O	O	O	O	C	1	22:50	1,76	0,020	14	0,0014	Low	HDPE
STEP 2	C	C	O	O	O	O	O	C	2	23:00	1,69	0,070	55	0,0013	Low	HDPE
STEP 3	C	C	C	O	O	O	O	C	3	23:10	1,21	0,480	67	0,0072	Medium	PVC
STEP 4	C	C	C	C	O	O	O	C	4	23:20	0,69	0,520	60	0,0087	Medium	PVC
STEP 5	C	C	C	C	C	O	O	C	5	23:30	0,62	0,070	3	0,0233	High	PVC
STEP 6	C	C	C	C	C	C	O	C	6	23:40	0,62	0,000	1	0,0000	Low	HDPE
STEP 7	C	C	C	C	C	C	C	C	7	23:50	0,62	0,000	1	0,0000	Low	HDPE
STEP 8	C	C	C	C	C	C	C	C	8	00:00	0,62	0,000	7	0,0000	Low	HDPE
FINISH	O	O	O	O	O	O	O	O					253			

Gambar 5. Blanko Isian Steptest DMA Mojo 1D

### 4. Faktor Penyebab NRW di Zona Mojolangu

Data neraca air yang dilihat pada Tabel 10 didapatkan dari *water balance* DMA antara lain debit inlet, konsumsi air berekening, debit NRW dan rincian komponen lainnya dilakukan pendekatan terhadap prosentase neraca air tahun 2020. Sehingga data neraca air DMA ini adalah tidak data sebenarnya kondisi lapangan karena keterbatasan pengumpulan data pada masing - masing DMA.

Tabel 10 Neraca Air Konsolidasi

No	DMA	Kehilangan Air		Konsumsi Resmi Tak Berekening (m <sup>3</sup> )	Berekening (m <sup>3</sup> )
		Fisik (m <sup>3</sup> )	Non Fisik (m <sup>3</sup> )		
1	Mojo 2B	19.546	1.432	5.237	32.830
2	Mojo 1F, 1F-A, 1F-C	11.562	887	3.243	18.472
3	Mojo 2B4	5.040	385	1.410	8.077

4	Mojo 3E	3.085	149	545	8.010
5	Mojo 1D	2.678	127	463	7.112
6	Mojo 1E	484	53	195	504
7	Mojo 3D	1.293	16,52	60,44	12.598

Dapat disimpulkan beberapa faktor - faktor penyebab NRW dari ketiga komponen yaitu kehilangan air fisik, non fisik dan konsumsi resmi tak berekening yang dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

**Tabel 11. Faktor - Faktor penyebab NRW**

Kehilangan Air Fisik	Kehilangan Air Non Fisik	Konsumsi Resmi Tak Berekening	
		Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening
Aksesoris rusak	Meter rusak	Reduksi	Ganti meter
Aksesoris pecah	Meter dengan golongan tidak sesuai	Kompensasi Kota Batu	Proyek jaringan pipa
Packing atau karet rusak	Meter macet	Kompensasi Kabupaten Wendit	Flushing kualitas air
Pipa Keropos		Kompensasi DLH SU 1	Cop bocor
Pipa pecah		Gor Ken Arok Bantuan Tangki	Buka kembali

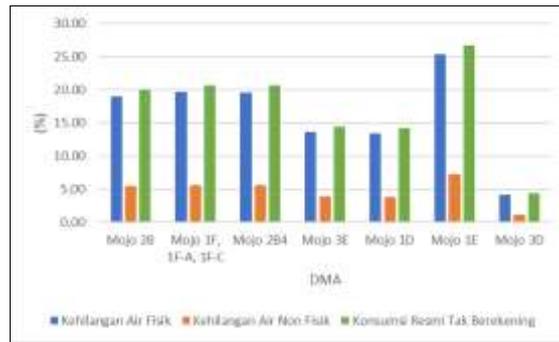
Berikut total komponen konsumsi resmi tak berekening yang dihitung berdasarkan prosentase neraca air tahun 2020 yang dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12. Konsumsi Resmi Tak Berekening**

Konsumsi Resmi Tak Berekening	
Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening
Reduksi = 951 m <sup>3</sup>	Ganti meter = 51 m <sup>3</sup>
Kompensasi Kota Batu = 4808 m <sup>3</sup>	Proyek jaringan pipa = 639 m <sup>3</sup>
Kompensasi Kab.Wendit = 3106 m <sup>3</sup>	Flushing kualitas air = 695 m <sup>3</sup>
Kompensasi DLH SU 1 = 23 m <sup>3</sup>	Cop bocor = 20 m <sup>3</sup>
Gor Ken Arok Bantuan Tangki = 9 m <sup>3</sup>	Buka kembali = 853 m <sup>3</sup>
Total = 11. 154 m <sup>3</sup>	

Berikut rekapitulasi dalam bentuk prosentase komponen penyebab NRW pada masing-masing DMA yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Evaluasi *District Meter Area* (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang



Gambar 6 Prosentase Komponen Penyebab NRW

## 5. Pembiayaan

Diperoleh volume air yang terselamatkan ( $m^3$ ) per tahunnya yang dapat dilihat pada Tabel 13 dari menghitung prosentase penurunan *Non Revenue Water* (NRW) dengan asumsi penurunan kehilangan air. Kemudian dilakukan rekapitulasi air yang terselamatkan ( $m^3$ ) per tahun dengan dikalikan tarif rata-rata, didapatkan pendapatan yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 13. Volume air yang terselamatkan per tahun

No	DMA	Air yang Terselamatkan ( $m^3$ ) Tahun Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mojo 2B	839	996	1.180	1.311	1.442	1.573	1.704	1.835	1.966	786
2	Mojo 1F, 1F-A, 1F-C	502	596	706	785	863	942	1.020	1.098	1.177	1.255
3	Mojo 2B4	219	260	308	342	376	410	444	478	513	205
4	Mojo 3E	121	144	170	189	113	113	113	113	113	19
5	Mojo 1D	105	124	147	98	98	98	98	98	16	16
6	Mojo 1E	23	26	33	37	40	44	48	51	55	59
7	Mojo 3D	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabel 14. Rekapitulasi Volume Air yang Terselamatkan per Tahun

Tahun Ke-	Air yang Terselamatkan ( $m^3$ )	Tarif Rata - Rata (Rp)	Pendapatan Per Tahun (Rp)
1	21.786	5.769	125.685.104
2	25.829	5.769	149.010.094
3	30.604	5.769	176.552.082
4	33.211	5.769	191.592.081
5	35.272	5.769	203.484.500
6	38.241	5.769	220.609.517
7	41.209	5.769	237.734.534
8	44.177	5.769	254.859.550
9	46.166	5.769	266.329.289
10	28.170	5.769	162.513.422

Kemudian dilakukan perhitungan kelayakan investasi terhadap biaya operasional didasarkan pada umur proyek 10 tahun dengan asumsi nilai suku bunga sebesar 7 % per Tahun yang dapat dilihat pada Tabel 15 sebagai berikut.

Tabel 15. Perhitungan PV

Tahun Ke-	Total Biaya (Cost) (Rp)	Keuntungan (Benefit) (Rp)	Benefit – Cost (Rp)	DF (i=7%)	PV (Rp)
0	122.648.295	-	-122.648.295	1.00	-122.648.295
1	53.270.789	125.685.104	72.414.315	0.93	67.676.930
2	53.270.789	149.010.094	95.739.305	0.87	83.622.417
3	53.270.789	176.552.082	123.281.293	0.82	100.634.258
4	53.270.789	191.592.081	138.321.292	0.76	105.524.652
5	112.976.789	203.484.500	90.507.711	0.71	64.530.747
6	53.270.789	220.609.517	167.338.728	0.67	111.504.860
7	53.270.789	237.734.534	184.463.745	0.62	114.874.749
8	53.270.789	254.859.550	201.588.761	0.58	117.326.495
9	53.270.789	266.329.289	213.058.500	0.54	115.889.707
10	112.976.789	162.513.422	49.536.633	0.51	25.181.912
$\Sigma$	774.768.185	1.988.370.173	1.213.601.987		784.118.431

Hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV) sebagai berikut:

Total Nilai Investasi = Rp. 774.768.185

Total PV = Rp. 784.118.431

NPV = Rp. 9.350.245 > 0

Hasil perhitungan IRR menggunakan metode *trial and error* akan dijabarkan Tabel 16.

Tabel 16. Perhitungan IRR

Tahun Ke-	Benefit – Cost (Rp)	Faktor Diskonto 15%	NPV (Rp)	Faktor Diskonto 10%	NPV (Rp)
1	72.414.315	1.150	62.968.970	1.100	65.831.196
2	95.739.305	1.323	72.392.669	1.210	79.123.393
3	123.281.293	1.521	81.059.451	1.331	92.623.060
4	138.321.292	1.749	79.085.648	1.464	94.475.304
5	90.507.711	2.011	44.998.328	1.611	56.198.167
6	167.338.728	2.313	72.345.150	1.772	94.458.349
7	184.463.745	2.660	69.346.754	1.949	94.659.068
8	201.588.761	3.059	65.899.724	2.144	94.042.645
9	213.058.500	3.518	60.564.523	2.358	90.357.602
10	49.536.633	4.046	12.244.698	2.594	19.098.517
	$\Sigma$ NPV		620.905.915		780.867.301
	$\Sigma$ Biaya		774.768.185		774.768.185
	NPV		-153.862.271		6.099.115

Evaluasi *District Meter Area* (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

Karena nilai NPV yang diperoleh positif dan negatif, maka dihitung interpolasi antar Faktor Diskonto agar tercapai NPV = 0. Dari perhitungan tersebut diperoleh:

$r_1$  = tingkat diskonto yang menghasilkan NPV+ = 10%

$r_2$  = tingkat diskonto yang menghasilkan NPV- = 15%

NPV<sub>1</sub> = NPV bernilai positif = 6.099.115

NPV<sub>2</sub> = NPV bernilai negatif = -153.862.271

Maka IRR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IRR = r_1 + \frac{NPV_1}{(NPV_1 - NPV_2)} (r_2 - r_1)$$

$$IRR = (10\%) + \frac{6.099.115}{(6.099.115 - (-153.862.271))} (15\% - 10\%)$$

$$IRR = 10,2 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa suatu investasi dapat diterima apabila IRR lebih besar daripada suku bunga bank yang ditentukan. Apabila tingkat suku bunga sebesar 7 %, maka investasi dapat diterima.

Analisis kelayakan kegiatan penurunan NRW menggunakan metode analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR) yaitu membandingkan biaya yang dikeluarkan dengan manfaat yang diterima. Perhitungan ini menggunakan asumsi nilai suku bunga 7% per tahun. Berikut perhitungan BCR yang dapat dilihat pada Tabel 17.

**Tabel 17. Perhitungan nilai BCR**

Tahun Ke-	Total Biaya (Cost) (Rp)	DF (i=7%)	C.DF (Rp)	Keuntungan (Benefit) (Rp)	B.DF (Rp)
0	122.648.295	1.00	122.648.295	-	-
1	53.270.789	0.93	49.785.784	125.685.104	117.462.714
2	53.270.789	0.87	46.528.770	149.010.094	130.151.187
3	53.270.789	0.82	43.484.832	176.552.082	144.119.090
4	53.270.789	0.76	40.640.030	191.592.081	146.164.681
5	112.976.789	0.71	80.550.889	203.484.500	145.081.636
6	53.270.789	0.67	35.496.576	220.609.517	147.001.436
7	53.270.789	0.62	33.174.370	237.734.534	148.049.119
8	53.270.789	0.58	31.004.084	254.859.550	148.330.579
9	53.270.789	0.54	28.975.780	266.329.289	144.865.487
10	112.976.789	0.51	57.431.671	162.513.422	82.613.583

$$BCR = \frac{Benefit}{Cost}$$

$$BCR = \frac{1.353.839.512}{569.721.081}$$

$$BCR = 2,4 > 1 \text{ (Layak)}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *Benefit Cost Rasio* (BCR) sebesar 2,4 lebih dari 1, artinya proyek layak untuk dibangun. Berikut perhitungan PP dengan menggunakan rumus:

$$PP = \frac{774.768.185}{180.760.925}$$

$$PP = 4,3 \text{ Tahun}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *Payback Period* (PP) sebesar 4 Tahun 3 Bulan kurang dari umur ekonomis proyek selama 10 Tahun, artinya proyek layak untuk dibangun.

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai analisis pembiayaan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Perhitungan analisis pembiayaan terkait kelayakan investasi terhadap biaya operasional selama umur proyek 10 Tahun. Dari hasil perhitungan Net Present Value (NPV) sebesar Rp. 9.350.245 menunjukkan bahwa  $NPV > 0$  maka proyek untuk penurunan NRW layak untuk dijalankan. Hasil Perhitungan IRR diperoleh sebesar  $10,2\% > 7\%$  (suku bunga), maka investasi dapat diterima. Hasil perhitungan *Benefit Cost Rasio* (BCR) diperoleh sebesar  $2,4 > 1$ , artinya proyek layak untuk dibangun. Hasil perhitungan *Payback Period* (PP) diperoleh sebesar 4 Tahun 3 Bulan  $< 10$  Tahun (umur proyek), artinya proyek layak untuk dibangun.

## 6. Kelembagaan

Analisis faktor strategis dalam bagian kehilangan air ini terbagi menjadi kekuatan, kelemahan, peluang dan tantangan yang dapat dilihat pada Tabel 18 dan Tabel 18.

**Tabel 18. Analisis Faktor Strategis**

No	Kondisi Internal (Kekuatan dan Kelemahan)	Bobot Pengaruh	Probabilitas	Nilai
<b>Kekuatan (Strengths)</b>				
1	Adanya peta digital / <i>Geographic Information System</i> (GIS)	4	0.7	2.8
2	Dukungan aplikasi Pengelolaan Aset SPAM (PASPAM)	4	0.8	3.2
3	Kesiapan dalam inventarisasi manajemen aset	4	0.7	2.8
4	Kesiapan instrumen SCADA untuk monitoring dan kontrol SPAM	5	0.8	4.0
5	Kesiapan personil / SDM	3	0.7	2.1
<b>Jumlah Nilai Kekuatan</b>		<b>20</b>		<b>14.9</b>
<b>Kelemahan (Weaknesses)</b>				

Evaluasi *District Meter Area* (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

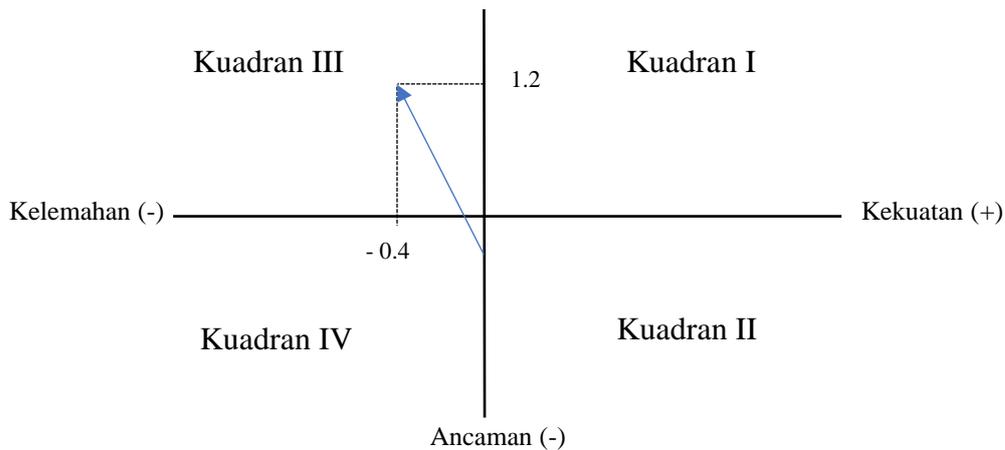
1	Dokumen penunjang aset seperti spesifikasi teknis pabrik belum ada di sistem informasi manajemen aset	3	0.7	2.1
2	Belum terintegrasinya aspek keuangan dan manajemen aset	4	0.7	2.8
3	Kegiatan manajemen aset belum dianggap hal penting oleh bagian lain	5	0.8	4.0
4	Pencatatan aset yang baru dalam aplikasi PASPAM belum tertib	4	0.8	3.2
5	Aset di lapangan berbeda dengan aplikasi PASPAM	4	0.8	3.2
<b>Jumlah Nilai Kelemahan</b>		<b>20</b>		<b>15.3</b>
<b>Selisih antara jumlah nilai kekuatan dengan kelemahan</b>				<b>-0.4</b>

**Tabel 19. Analisis Faktor Strategis Lanjutan**

No	Kondisi Eksternal (Peluang dan Tantangan)	Bobot Pengaruh	Probabilitas	Nilai
<i>Peluang (Opportunities)</i>				
1	Adanya dukungan Pemda dalam penyertaan modal setiap tahun	4	0.8	3.2
2	Akses kontrol aset dapat dilakukan secara <i>online</i> dan <i>realtime</i>	5	0.8	4.0
3	Mempermudah perencanaan bisnis perusahaan dalam pengelolaan aset	3	0.7	2.1
<b>Jumlah Nilai Peluang</b>		<b>12</b>		<b>9.3</b>
<i>Ancaman (Threats)</i>				
1	Kerusakan aset disebabkan cuaca dan serangga	4	0.8	3.2
2	Pelebaran jalan oleh instansi lain, membuat aset sulit ditelusuri (khususnya pipa dan aksesoris)	4	0.7	2.8
3	Kegagalan aset	4	0.7	2.1
<b>Jumlah Nilai Ancaman</b>		<b>12</b>		<b>8.1</b>
<b>Selisih antara jumlah nilai peluang dengan ancaman</b>				<b>1.2</b>

Hasil analisis diperoleh faktor internal sebesar -0,4 dan faktor eksternal 1,2. Dari hasil analisis tersebut dilakukan pemetaan pada diagram kuadran strategi yang dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut.

Peluang (+)



**Gambar 7. Diagram Kuadran Strategi**

Kondisi berada posisi di kuadran III merupakan posisi stabilisasi. Strategi yang dapat diterapkan yaitu meminimalisir kelemahan dan memanfaatkan peluang dengan melakukan stabilisasi.

Strategi muncul dari pengembangan hasil analisa SWOT. Dilakukan perbandingan antara faktor internal (kekuatan dan kelemahan) dengan faktor eksternal (peluang dan ancaman) sehingga dapat diambil suatu keputusan strategis suatu organisasi. Analisa strategi dapat dilihat pada Tabel 20.

**Tabel 20. Matriks SWOT**

		Internal	
		Kekuatan (S)	Kelemahan (W)
Eksternal		1. Adanya peta digital / <i>Geographic Information System</i> (GIS)	1. Dokumen penunjang aset seperti spesifikasi teknis pabrik belum ada di sistem informasi manajemen aset
		2. Dukungan aplikasi Pengelolaan Aset SPAM (PASPAM)	2. Belum terintegrasinya aspek keuangan dan manajemen aset
		3. Kesiapan dalam inventarisasi manajemen aset	3. Kegiatan manajemen aset belum dianggap hal penting oleh bagian lain
		4. Kesiapan instrumen SCADA untuk monitoring dan kontrol SPAM	4. Pencatatan aset yang baru dalam aplikasi PASPAM belum tertib
		5. Kesiapan personil / SDM	5. Aset di lapangan berbeda dengan aplikasi PASPAM
	<b>Peluang (O)</b>	<b>Strategi SO</b>	<b>Strategi WO</b>
	1. Adanya dukungan dalam Pemda	1. Integrasi antara PASPAM dengan	1. Integrasi antara PASPAM dengan

Evaluasi *District Meter Area* (DMA) Zona Mojolangu Dalam Penurunan *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

penyertaan modal setiap tahun	SCADA agar aset dapat dikontrol secara <i>online</i> dan <i>realtime</i>	SCADA agar aset dapat dikontrol secara <i>online</i> dan <i>realtime</i>
2. Akses kontrol aset dapat dilakukan secara <i>online</i> dan <i>realtime</i>	2. Pengembangan sistem informasi PASPAM dalam proses manajemen aset	2. Pengembangan sistem informasi PASPAM sehingga dapat terintegrasi seluruh aset yang ada
3. Mempermudah perencanaan bisnis perusahaan dalam pengelolaan aset	3. Peningkatan dalam pengelolaan inventarisasi manajemen aset	3. Peningkatan koordinasi dengan antar bagian dalam pelaksanaan pengelolaan aset
	4. Peningkatan kompetensi SDM dalam pelaksanaan manajemen aset	
Ancaman (T)	Strategi ST	Strategi WT
1. Kerusakan aset disebabkan pencurian aset, perubahan cuaca dan serangga	1. Integrasi antara PASPAM dengan SCADA agar kondisi aset dapat dimonitoring secara <i>realtime</i> sehingga dapat meminimalisir kegagalan aset	1. Peningkatan keamanan aset di lapangan 2. Meningkatkan koordinasi dengan instansi lain dalam inventarisasi aset
2. Pelebaran jalan oleh instansi lain, membuat aset sulit ditelusuri (khususnya pipa dan aksesoris)	2. Koordinasi dengan instansi lain terkait inventarisasi aset	3. Meningkatkan ketertiban dalam pencatatan aset dengan adanya sanksi yang dapat mempengaruhi kinerja pegawai
3. Kegagalan aset		

Berdasarkan pemetaan diagram kuadran maka konsep strategi yang digunakan adalah strategi WO (*Weaknesses – Opportunities*). Strategi yang dapat dilakukan dalam peningkatan manajemen aset sebagai berikut:

1. Integrasi antara PASPAM dengan SCADA. Manfaat dari strategi ini yaitu:
  - a. Aset dapat dikelola dan dikontrol secara online dan real-time;
  - b. Sebagai upaya cepat tanggap ketika terjadi anomali pada aset;
  - c. Mendeteksi aset ketika terjadi pencurian maupun merusakkan aset dilapangan;
  - d. Meminimalisir kegagalan aset.
2. Pengembangan sistem informasi PASPAM sehingga dapat terintegrasi seluruh aset yang ada. Manfaat dari strategi ini yaitu:
  - a. Dapat mengetahui nilai ekonomis dari aset sehingga dapat memberikan informasi terkait umur rencana aset dan penyusutan nilai aset;
  - b. Mengetahui performa aset;
  - c. Mengetahui resiko aset melalui analisa resiko;
  - d. Mempermudah perencanaan bisnis perusahaan dalam pengelolaan aset.
3. Peningkatan koordinasi antar bagian dalam pelaksanaan pengelolaan aset. Manfaat dari strategi ini yaitu:

- a. Aset di lapangan yang tercatat dapat sesuai dengan di aplikasi PASPAM;
- b. Meminimalisir kesalahan dalam *update* data;
- c. Dapat memudahkan dalam inventarisasi aset.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap aspek teknis, aspek pembiayaan dan aspek kelembagaan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Salah satu keberhasilan dalam meminimalisir kebocoran pada DMA Mojo 3D yang menjadi *best practice* dengan tingkat NRW terendah yaitu dengan penggunaan Jenis Pipa HDPE pada pipa pelayanan dengan diameter 75 mm dan 50 mm, tekanan pada jam minimum mengalami penurunan.
2. DMA dengan tingkat NRW diatas 25% diperoleh rata - rata kebocoran akibat pipa pada saat jam minimum dikarenakan masih terdapat kenaikan tekanan, dimana dengan tingginya tekanan mengakibatkan bertambah besar kebocoran. Berdasarkan hasil dari simulasi Epanet 2.2 yang bertekanan tinggi pada DMA Mojo (1F, 1F-A, 1F-C) dapat ditambahkan alternatif pembuatan titik *tapping* sehingga dapat menyeimbangkan tekanan dalam rangka penurunan kebocoran. Dalam upaya mengendalikan kebocoran dilakukan kegiatan *steptest* secara rutin diprioritaskan. Pada DMA Mojo 3E dan 1D diperoleh indikasi kebocoran dengan kategori sedang hingga tinggi terdapat pada jalur pipa PVC dan kategori rendah pada jalur pipa HDPE. Sehingga jenis pipa HDPE lebih handal daripada PVC dalam menekan angka kebocoran.
3. Faktor Penyebab NRW terbagi menjadi Konsumsi Resmi Tak Berekening sebesar 17,28 % (11.154 m<sup>3</sup>), Kehilangan Air Fisik sebesar 16,39 % (43.687 m<sup>3</sup>), Kehilangan Air Non Fisik sebesar 4,72 % (3.049 m<sup>3</sup>). Perhitungan neraca air DMA dilakukan dengan pendekatan prosentase neraca air tahun 2020 Perumda Tugu Tirta Kota Malang. Setelah dihitung neraca air dilakukan survei pencarian kebocoran, berikut adalah jenis temuan kegiatan monitoring antara lain ditemukan kebocoran fisik pada pipa SR saat kegiatan *steptest*, ditemukan kebocoran saat penelusuran, meter macet saat survei pemakaian nol dan golongan tidak sesuai saat survei pemakaian melonjak.
4. Perhitungan analisis pembiayaan terkait kelayakan investasi terhadap biaya operasional selama umur proyek 10 Tahun. Dari hasil perhitungan Net Present Value (NPV) sebesar Rp. 9.350.245 menunjukkan bahwa NPV > 0 maka proyek untuk penurunan NRW layak untuk dijalankan. Hasil Perhitungan IRR diperoleh sebesar 10,2 % > 7 % (suku bunga), maka investasi dapat diterima. Hasil perhitungan Benefit Cost Rasio (BCR) diperoleh sebesar 2,4 > 1, artinya proyek layak untuk dibangun. Hasil perhitungan Payback Period (PP) diperoleh sebesar 4 Tahun 3 Bulan < 10 Tahun (umur proyek), artinya proyek layak untuk dibangun.
5. Dalam upaya peningkatan bagian kelembagaan kehilangan air dalam penurunan NRW ditentukan langkah strategi yaitu: Integrasi Pengelolaan Aset Sistem Penyediaan Air Minum (PASPAM) dengan SCADA, Pengembangan sistem informasi aset PASPAM, Peningkatan koordinasi antar bagian dalam pelaksanaan pengelolaan aset.

## BIBLIOGRAFI

- Dwinugroho, Fajar, Masduqi, Ali, & Ahyar, Agus. (2022). Analisis Indikator Kinerja Kehilangan Air Perumda Tugu Tirta Kota Malang Menggunakan Metode Infrastructure Leakage Index (ILI). *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(1), 1079–1092.
- Indrawati, Reski. (2018). *Efektivitas Mendengarkan Musik Relaksasi Terhadap Penurunan Tingkat Kecemasan Akademik Siswa SMA Negeri 3 Gowa dan SMA 1 Lappariaja sebelum Menghadapi Ujian*. Universitas Negeri Makassar.
- Laila Febrina, Laila, Julfi Restu Amelia, Julfi, Soecahyadi, Soecahyadi, & Ira Mulyawati, Ira. (2020). *PPDM ECOSAVVA DESA NANGGERANG KECAMATAN TAJURHALANG BOGOR*.
- Lolon, Antonius, & SUNARYO, Broto. (2017). Kajian Penilaian Kinerja PDAM Kota Palangka Raya. *Jurnal Pembangunan Dan Wilayah Kota*, 269–285.
- Mu'min, Muhammad Ali. (2020). Penurunan Kehilangan Air Pada Perumahan Di Sistem Distribusi Cikokol Dengan Metode Neraca Air-Water Loss Reduction In Housing at Cikokol Distribution System With Water Balance Method. *Jurnal Teknik*, 9(2).
- Perumda Tugu Tirta Kota Malang. (2021). Laporan Water Balance Tahunan Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang.
- Rambe, Nurhamimah, Rajagukguk, Kiki Pratama, & Habib, Mustafa. (2021). Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Bisnis Pendidikan Non-Formal Dan Strategi Beradaptasi Diera New Normal. *Jurnal Sintaksis*, 3(2), 34–43.
- Romdloni, Anwar, Ahyar, Agus, & Soedjono, Eddy S. (2021). Studi Kehilangan Air Fisik dan Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Kota Malang). *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(2), 1189–1201.
- Suryawan, Ida Bagus Gede. (2019). *Analisa Kehilangan Air (Non Revenued Water) Pada Jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Studi Kasus Kecamatan Mengwi*. Universitas Ngurah Rai.
- Taini, Iis Puspitasari, & Purnomo, Alfian. (2017). Studi Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Kota Kendari Cabang Pohara). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F355–F360.

---

### Copyright holder:

Anwar Romdloni (2022)

### First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

### This article is licensed under:

