

**ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR NONFISIK DI PERUMDAM  
KOTA BATU (STUDI KASUS KECAMATAN BATU)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada  
Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun oleh**

**IBRAHIM RIZKY SURYA PRATAMA**

**NIM. H05217007**

**Dosen Pembimbing**

**Arqowi Pribadi, M. Eng**

**Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
2023**

# PERNYATAAN KEASLIAN

## PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Ibrahim Rizky Surya Pratama  
Nim : H05217007  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2017

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR NONFISIK DI PERUMDAM KOTA BATU (STUDI KASUS KECAMATAN BATU)". Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan Tindakan plagiat maka saya bersedia menerima saksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 8 Mei 2023

Yang Menyatakan



(IBRAHIM RIZKY SURYA PRATAMA)

NIM. H05217007

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300  
E-Mail : [saintek@ainsby.ac.id](mailto:saintek@ainsby.ac.id) Website : [www.ainsby.ac.id](http://www.ainsby.ac.id)


### LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING SIDANG AKHIR

Nama : Ibrahim Rizky Surya Pratama  
NIM : H05217007  
Judul Tugas Akhir : Analisis Tingkat Kehilangan Air Nonfisik di Perumdam Kota Batu  
(Studi Kasus Kecamatan Batu)


Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Akhir

Surabaya, 11 April 2023

Dosen Pembimbing 1

  
**Ardowi Pribadi, M. Eng**  
NIP. 198701032014031001

Dosen Pembimbing 2

  
**Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T**  
NIP. 198503222014032003

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

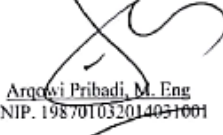
Tugas Akhir Oleh,

NAMA : IBRAHIM RIZKY SURYA PRATAMA  
NIM : H05217007  
JUDUL : ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR NONFISIK DI  
PERUMDAM KOTA BATU (STUDI KASUS  
KECAMATAN BATU)

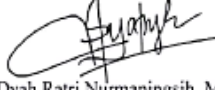
Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi  
Surabaya, 14 April 2023

Mengetahui,  
Dosen Penguji,

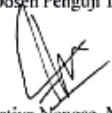
Dosen Penguji I

  
Arqowi Pribadi, M. Eng  
NIP. 198701032014031001


Dosen Penguji II

  
Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T  
NIP. 198503222014032003

Dosen Penguji III


  
Sulistiva Nengse, MT  
NIP. 199010092020122019

Dosen Penguji IV

  
Teguh Taruna Utama, S.T., M.T  
NUP. 201603319

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Jember  
Jember Ampel Surabaya



  
M. Abdul Hamdani, M.Pd.  
NIP. 196507312000031002

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : IBRAHIM RIZKY SURYA PRATAMA  
NIM : 1105217007  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : ibrarsp101@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain ( ..... )  
yang berjudul :

**ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR NONFISIK DI PERUMDAM KOTA  
BATU (STUDI KASUS KECAMATAN BATU)**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 8 Mei 2023

Penulis

(IBRAHIM RIZKY SURYA PRATAMA)

## ABSTRAK

Penyelenggaraan pelayanan air minum di Perumdam Among Tirta Kota Batu selaku perusahaan air minum yang melayani Kecamatan Batu, Junrejo, dan Bumiaji masih memiliki ketidakefisienan dalam proses produksi dan distribusi sehingga tingkat kehilangan air eksisting yaitu sebesar 42,6% dimana angka ini melebihi angka yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yaitu sebesar 20% untuk perusahaan air minum di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis nilai kehilangan air nonfisik atau komersial dengan melakukan uji akurasi meter air pelanggan serta menganalisis hasil uji akurasi dengan data air produksi dan air terjual dan dilanjut dengan merumuskan neraca air sistem produksi dan distribusi. Hasil analisis menunjukkan pada 80 sampel meter air yang telah diuji terdapat 21 meter air pelanggan yang tidak memenuhi standar operasional disebabkan meter air buram, tidak terbacanya angka pada meter air, angka meter yang melebihi 10 ribu m<sup>3</sup> sehingga dibutuhkan penyesuaian angka meter, serta meter air yang rusak karena umur meter yang sudah melebihi batas pakai yaitu lima tahun. Perhitungan neraca air menunjukkan kehilangan air pada tahun 2022 yaitu sebesar 1.318.818 m<sup>3</sup>/tahun atau 39,45% dengan kerugian sebesar Rp 295.558.048,49 dari jumlah air terproduksi dan terjual pada periode bulan September, Oktober, dan November. Tingkat kehilangan air fisik dan nonfisik secara berurut yaitu sebesar 33,93% dan 5,52% dimana bobot kehilangan air fisik mendominasi tingkat kehilangan air. Perlu adanya penurunan nilai kehilangan air sebesar 19,45% untuk memenuhi standar nasional yaitu dengan cara mengukur meter air secara berkala, mengganti meter air yang rusak, dan memasang meter induk di setiap sumber serta pengendalian kehilangan air fisik secara menyeluruh.

**Kata Kunci:** Neraca Air, Kehilangan Air Nonfisik, Tingkat Kehilangan Air

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## ABSTRACT

The provision of drinking water services in Perumdam Among Tirta Batu City as the drinking water company serving Batu, Junrejo and Bumiaji Districts still has inefficiencies in the production and distribution process that the existing water loss rate is 42.6% where this number exceeds the number set by Ministry of Public Works and Public Housing, which is 20% for drinking water companies in Indonesia. The purpose of this study is to analyze the rate of non-physical or commercial water losses by testing the accuracy of customer water meters and analyzing the results of the accuracy test with produced and sold water data and followed by formulating the water balance of production and distribution systems. The results of the analysis show that in the 80 samples of water meters that have been tested, there are 21 customer water meters that do not meet operational standards because the water meters are blurry, the numbers on the water meters cannot be read, the meter numbers exceed 10 thousand  $m^3$  so that an adjustment to the meter numbers is needed, as well as water meters that are damaged because the age of the meter has exceeded the usage limit of five years. The water balance calculation shows that water loss in 2022 is 1,318,818  $m^3$ /year or 39.45% with a loss of IDR 295,558,048.49 of the total water produced and sold in the months September, October and November. The physical and commercial water loss rates are respectively 33.93% and 5.52% where the weight of physical water loss dominates the water loss rate. There is a need to reduce the value of water loss by 19.45% to meet national standards, namely by measuring water meters regularly, replacing damaged water meters, and installing main meters at each source as well as controlling physical water loss as a whole.

**Keywords:** Water Balance, Commercial Water Loss, Water Loss Rate

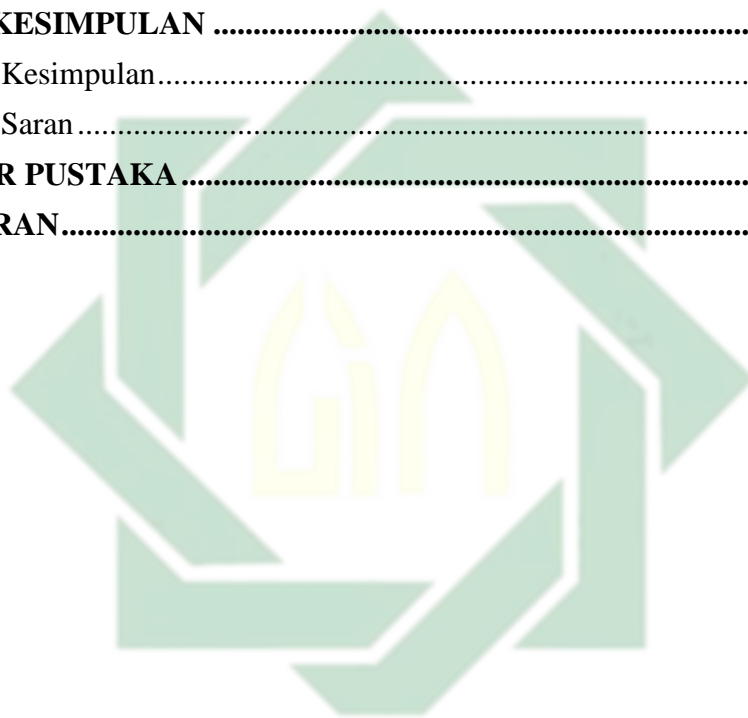
UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Definisi Air.....	5
2.2 Sumber Air .....	5
2.3 Sistem Pendistribusian Air Minum .....	8
2.4 Kehilangan Air .....	9
2.5 Neraca Air Perumdam .....	10
2.6 WB-EasyCalc .....	15
2.7 Integrasi Keislaman .....	15
2.8 Penelitian Terdahulu.....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Metodologi Penelitian .....	20
3.2 Waktu Penelitian .....	20
3.3 Lokasi Penelitian .....	20
3.4 Kerangka Pikir Penelitian.....	22
3.5 Tahapan dan Metode Penelitian .....	24
3.5.1 Tahap Persiapan.....	27



3.5.2 Tahap Pelaksanaan.....	27
3.5.3 Tahap Analisis Data.....	29
3.5.4 Tahap Penyusunan Laporan.....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Kehilangan Air Nonfisik .....	31
4.2 Neraca Air .....	36
4.3 Neraca Air WB-EasyCalc.....	45
4.4 Cara Pengendalian Kehilangan Air Nonfisik .....	52
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>60</b>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Neraca Air .....	11
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu .....	17
Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Meter Air .....	27
Tabel 3. 2 Klasifikasi Data Sekunder serta Sumber.....	29
Tabel 4. 1 Hasil Penyimpangan Meter Air Pelanggan Terhadap Pengukuran Volume Air Menggunakan Gelas Ukur.....	32
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan KAK .....	33
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tambahan Terhadap Debit Air Rata-rata .....	34
Tabel 4. 4 Hasil Pencarian SR Pemakaian $0 \text{ m}^3$ .....	36
Tabel 4. 5 Volume Input Sistem .....	36
Tabel 4. 6 Volume Konsumsi Resmi Berekening Bermeter .....	38
Tabel 4. 7 Volume Konsumsi Resmi Berekening.....	38
Tabel 4. 8 Volume NRW .....	39
Tabel 4. 9 Volume Kehilangan Air.....	40
Tabel 4. 10 Volume Kehilangan Air Nonfisik.....	41
Tabel 4. 11 Volume Kehilangan Air Fisik.....	42
Tabel 4. 12 Kehilangan Air dalam Rupiah .....	43
Tabel 4. 13 Hasil Neraca Air Perumdam Among Tirta Tahun 2022.....	44
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan <i>Margin Error</i> .....	45
Tabel 4. 15 Pengendalian Kehilangan Air Nonfisik .....	53

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 WB-EasyCalc Versi 6.17 .....	15
Gambar 3. 1 Denah Lokasi Penelitian .....	21
Gambar 3. 2 Tampak Depan Kantor Perumdam Among Tirta Kota Batu.....	22
Gambar 3. 3 Kerangka Pikir Penelitian.....	23
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 4. 1 Volume Input Sistem WB-EasyCalc.....	46
Gambar 4. 2 Konsumsi Berekening WB-EasyCalc .....	46
Gambar 4. 3 Konsumsi Tak Berekening WB-EasyCalc .....	47
Gambar 4. 4 Konsumsi Tak Resmi WB-EasyCalc .....	47
Gambar 4. 5 Konsumsi Tak Resmi WB-EasyCalc (1).....	48
Gambar 4. 6 Konsumsi Tak Resmi WB-EasyCalc (2).....	49
Gambar 4. 7 Data Jaringan, Tekanan, dan Suplai <i>Intermittent</i> WB-EasyCalc (1)	49
Gambar 4. 8 Data Jaringan, Tekanan, dan Suplai <i>Intermittent</i> WB-EasyCalc (2)	50
Gambar 4. 9 Informasi Keuangan WB-EasyCalc .....	50
Gambar 4. 10 Neraca Air WB-EasyCalc .....	51



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR SINGKATAN

DMA	=	<i>District Meter Area</i>
ILI	=	<i>Infrastructure Leakage Index</i>
NRW	=	<i>Non Revenue Water</i>
Perumdam	=	Perusahaan Umum Daerah Air Minum
PDAM	=	Perusahaan Daerah Air Minum
SR	=	Sambungan Rumah



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kota Batu memiliki luas wilayah sebesar 199,09 km<sup>2</sup> yang terbagi ke dalam tiga kecamatan yaitu Kecamatan Batu, Kecamatan Junrejo, dan Kecamatan Bumiaji. Masing-masing kecamatan memiliki luas sebesar 45,46 km<sup>2</sup> untuk Kecamatan Batu, 25,65 km<sup>2</sup> untuk Kecamatan Junrejo, dan kecamatan dengan wilayah paling luas yaitu sebesar 127,98 km<sup>2</sup> untuk Kecamatan Bumiaji. Kota Batu memiliki jumlah penduduk sebanyak 213.046 jiwa serta kepadatan penduduk sebesar 1.070 jiwa/km<sup>2</sup> yang terbagi ke dalam tiga kecamatan. Kecamatan Batu memiliki jumlah penduduk sebanyak 96.921 jiwa, Kecamatan Junrejo sebanyak 55.105 jiwa, dan Kecamatan Bumiaji sebanyak 61.020 jiwa. Kebutuhan akan air bersih menjadi hal penting dalam aspek kesehatan serta kegiatan industri. Jumlah air yang disalurkan kepada 16.221 pelanggan di Kota Batu yaitu sebesar 4.258.579 m<sup>3</sup>. Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk di Kota Batu setiap tahunnya yang mencapai 1,14%, maka kebutuhan air bersih juga meningkat (Kecamatan Batu dalam Angka, 2020).

Manusia harus memiliki kesadaran lingkungan sebagai makhluk ciptaan Allah SWT. Sumber daya alam dibutuhkan oleh manusia ataupun makhluk lainnya sebagai tempat tinggal dan manusia hanya dapat hidup di lingkungan yang memadai. Lingkungan telah menyediakan segala hal yang dibutuhkan bagi keberlangsungan umat manusia, maka sudah menjadi keharusan manusia untuk mengelola lingkungan secara bertanggung jawab seperti yang dijelaskan dalam Al-Qur'an (QS. Al-Lukman ayat 20).

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً ۗ وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ

“*Tidakkah kamu cermati bahwa Allah telah menjadikan sumber daya alam dan lingkungan sebagai daya dukung lingkungan bagi kehidupanmu secara optimum. Dengan demikian, masih saja ada sebagian manusia yang mempertanyakan kekuasaan Allah secara sembrono yakni tanpa alasan ilmiah, landasan etik, dan referensi memadai*” (QS. Al Lukman: 20).

Setiap kota di Indonesia memiliki instansi yang menyediakan air bersih untuk setiap wilayah dalam rangka memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk yang disebut dengan Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM). Perusahaan Umum Daerah Air Minum bertugas untuk menyediakan air bersih yang disalurkan ke pelanggan baik rumah tangga, industri, maupun fasilitas umum yang membutuhkan air dalam operasinya yang terdaftar sebagai pembeli air bersih. Pendistribusian air bersih disalurkan melalui pipa. Perumdam Among Tirta adalah suatu badan usaha milik daerah dengan bidang usaha penyediaan air bersih kepada masyarakat di Kota Batu. Pelaksanaan pelayanan terus-menerus dibenahi oleh manajemen sebagai bentuk pemenuhan penyediaan air bersih kepada masyarakat untuk pencapaian profesionalisme pengelolaan (Perumdam Kota Batu, 2019).

Perumdam Among Tirta Kota Batu melayani dua dari tiga kecamatan di Kota Batu yaitu Kecamatan Batu dan Kecamatan Junrejo. Masing-masing kecamatan didistribusikan langsung dari sumber air dimana untuk Kecamatan Batu dialiri air dengan kapasitas sebesar 136,8 liter/detik untuk melayani sebanyak 7.700 SR (sambungan rumah) dan untuk Kecamatan Junrejo memiliki kapasitas sebesar 13 liter/detik untuk melayani 708 SR. Panjang gabungan jaringan pipa transmisi dan distribusi terpasang sepanjang 33.721 meter dengan diameter pipa 10 inci hingga 1,5 inci (Perumdam Kota Batu, 2019). Kapasitas distribusi Perumdam Kota Batu yaitu sebesar 7.424.450 m<sup>3</sup> sedangkan air terjual kepada pelanggan sebesar 4.259.680 m<sup>3</sup>. Hal ini membuat tingkat NRW (*Non Revenue Water*) sebesar 3.164.770 m<sup>3</sup> atau 42,6% dari kapasitas distribusi (Buku Laporan Perumdam Kota Batu, 2021), dimana angka ini sangat tinggi bila dibandingkan dengan toleransi kehilangan air yang distandardisasi oleh Dinas Pekerjaan Umum berdasarkan persentase

yaitu 20% (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015). Hal ini menyebabkan kerugian yang ditanggung oleh Perumdam Among Tirta Kota Batu yang mana seharusnya kehilangan air tersebut dapat menjadi potensi pendapatan bagi Perumdam Kota Batu. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis mengenai kebocoran air secara fisik dan nonfisik yang diharapkan mampu mengurangi tingkat kehilangan air serta meningkatkan kinerja pelayanan di Perumdam Kota Batu.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Identifikasi rumusan masalah dari penjabaran latar belakang di atas sebagai berikut:

1. Berapa nilai kehilangan air nonfisik di Perumdam Among Tirta Kota Batu pada tahun 2022?
2. Bagaimana neraca air di Perumdam Among Tirta Kota Batu?
3. Bagaimana pengendalian kehilangan air nonfisik di Perumdam Among Tirta Kota Batu?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan perencanaan berdasarkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai kehilangan air nonfisik di Perumdam Among Tirta Kota Batu pada tahun 2022.
2. Merumuskan neraca air di Perumdam Among Tirta Kota Batu.
3. Menentukan pengendalian kehilangan air nonfisik di Perumdam Among Tirta Kota Batu.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yang dapat diterima sebagai berikut:

1. Manfaat untuk Akademisi
  - a. Menjadi bahan referensi bagi penelitian lanjutan mengenai kehilangan air di perusahaan air minum.

- b. Menyajikan pengetahuan terkait sumber daya air khususnya kehilangan air atau *Non Revenue Water*.
2. Manfaat untuk Universitas

Menjadi bentuk kontribusi dalam pengembangan informasi topik sumber daya air.
3. Manfaat untuk Masyarakat

Memberikan informasi mengenai topik kehilangan air dalam kegiatan industri maupun rumah tangga.
4. Manfaat untuk Instansi Terkait

Menjadi bahan masukan untuk Perumdam Among Tirta Kota Batu terkait kehilangan air dalam menyusun program pada masa mendatang.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian berlokasi di Perumdam Among Tirta Kota Batu.
2. Penelitian yang dikaji adalah kehilangan air nonfisik.
3. Penelitian tidak melibatkan faktor jenis dan umur jaringan pipa pada wilayah pelayanan Perumdam Among Tirta Kota Batu.
4. Perhitungan dalam penelitian ini meliputi besar dan nilai kehilangan air dalam rupiah dari meter pelanggan.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air**

Air merupakan senyawa kimia yang berlimpah di alam, namun seiring dengan berjalannya waktu kebutuhan air pun meningkat sejalan dengan meningkatnya taraf hidup manusia sehingga air menjadi barang yang mahal atau berharga.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air, yang dimaksud dengan air adalah air tanah, air laut, air hujan, dan air permukaan termasuk yang berada di darat. Persaingan kebutuhan antara industri dengan kebutuhan lainnya menjadikan bahan baku air bersih yaitu sumber air bersih menjadi sulit karena kebutuhannya yang relatif banyak untuk menunjang produksi. Meskipun jumlah air di muka bumi relatif konstan, namun ketersediaan air bersih semakin lama semakin berkurang karena kurangnya pengetahuan dalam mengolah air baku menjadi air bersih.

Kebutuhan manusia dalam berbagai aspek membutuhkan air dalam prosesnya. Kualitas air yang diperlukan bergantung pada standar kegiatan penggunaan air tersebut. Penggunaan air dalam aplikasinya meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut (Susana, 2003):

1. Pengairan
2. Perikanan
3. Air minum
4. Industri
5. Keperluan rumah tangga
6. Pertanian, dan lain-lain

#### **2.2 Sumber Air**

Sumber air di alam yaitu air hujan, air laut, air permukaan, dan air tanah. Air yang diperoleh dari alam tidak dapat langsung dimanfaatkan

dikarenakan terdapat pengotor yang tercampur pada proses pembentukannya. Sumber air yang dimaksud sebagai berikut (Susana, 2003):

1. Air Hujan (*rain water*)

Air hujan didapatkan dengan cara menampung dari atap rumah atau ruang terbuka dengan menempatkan bak ataupun tong untuk menadah air. Pemanenan air hujan biasanya terdapat di daerah-daerah dataran tinggi yang memiliki kesulitan dalam memanfaatkan air tanah maupun air laut ataupun sumber airnya ada namun tidak dapat digunakan. Kandungan yang terdapat dalam air hujan meliputi gas-gas dari udara seperti karbon dioksida, nitrogen, dan oksigen serta partikel-partikel debu dari kegiatan wilayah sekitar seperti asam kuat dari industri yang memiliki gas buangan, kotoran burung, dan berbagai pengotor lainnya. Air hujan dapat digunakan sebagai air minum dalam keadaan darurat dengan cara disterilkan melalui perebusan air terlebih dahulu baru dapat diminum.

2. Air Laut (*sea water*)

Permukaan bumi ditutupi oleh air dengan persentase 71% dan sisanya adalah daratan dimana sebagian besarnya adalah air laut atau sekitar  $\frac{2}{3}$  dari keseluruhan air di bumi dengan bagian terbesarnya terletak di bagian selatan bumi. Kedalaman rata-rata air laut yaitu 3.800 m dengan luas keseluruhan wilayah sebesar 3,61 x 10<sup>8</sup> km<sup>2</sup>. Air laut sebagai air baku dimanfaatkan ketika sumber air lain seperti air tanah, air permukaan, ataupun air hujan tidak tersedia atau sulit untuk dimanfaatkan. Pemanfaatan ini memerlukan teknologi desalinasi yaitu mengurangi tingkat kandungan garam yang terdapat dalam air laut dan dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti hiperfiltrasi, destilasi, reverse osmosis, dan lain-lain.

3. Air Permukaan (*surface water*)

Air permukaan dapat ditemui di sungai, parit, danau, selokan, serta segala jenis air yang berada di atas permukaan bumi.

Pencemar yang terdapat dalam air permukaan berasal dari lingkungan sekitarnya seperti buangan pabrik, kotoran hewan atau manusia, bakteri, dan lain-lain. Pengotor tersebut menjadikan air permukaan tidak langsung dapat dimanfaatkan karena sudah memengaruhi rasa dan bau air sehingga perlu disterilkan secara bertahap. Sterilisasi pengotor dilakukan sesuai dengan jenis dan kandungan kotoran yang terdapat dalam air. Umumnya, air permukaan di daerah pegunungan relatif steril sehingga air sudah dapat dimanfaatkan hanya dengan melakukan proses klorinasi.

#### 4. Air Tanah (*ground water*)

Air yang terletak di bawah permukaan tanah yang terbentuk dari resapan air dari permukaan tanah disebut dengan air tanah. Kandungan yang terdapat dalam air tanah meliputi bahan mineral seperti Mn (mangan), Fe (besi), Mg (magnesium), dan  $SO_4$ , (sulfat) serta kadar yang bervariasi bergantung pada kondisi tanah dimana air tersebut bermuara. Kadar ion-ion tersebut cenderung lebih tinggi bila letak air tanah lebih dalam dan jauh dari permukaan tanah. Pemanfaatan air tanah relatif lebih banyak digunakan dan mudah dikarenakan kontaminasi dari pencemar yang relatif lebih sedikit bila dibandingkan dengan sumber air lainnya. Kontaminasi air tanah biasanya berasal dari saat proses pengambilannya seperti saat penyimpanan, keretakan tanah, dan kebocoran sistem pipa bila memanfaatkan saluran air skala komunal. Pembersihan air tanah dilakukan dengan melunakkan kesadahan air dari mineral-mineral yang terkandung serta aerasi untuk menghilangkan rasa dan bau akibat pencemar lainnya. Beberapa jenis air tanah sebagai berikut (Dexametasoni, 2020):

##### a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terbentuk ketika air hujan atau air di atas permukaan meresap ke dalam tanah. Proses ini akan menjernihkan air dimana lumpur akan tertahan di

atas sedangkan air menuju ke dasar tanah. Air masih mengandung garam-garam yang terlarut.

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terletak tepat setelah lapis rapat air pertama dari permukaan tanah. Proses pengambilan air tanah dalam membutuhkan alat berat seperti bor kemudian memasukkan pipa ke dalamnya di kisaran 100 – 300 m.

c. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang dengan sendirinya keluar ke permukaan tanah dari dalam tanah. Kontinuitas mata air tidak dipengaruhi oleh musim sehingga ketersediaannya sama seperti dengan air tanah dalam.

## 2.3 Sistem Pendistribusian Air Minum

Penyaluran air dari sumber atau reservoir menuju pelanggan disebut dengan sistem pendistribusian air. Sistem pendistribusian dalam prakteknya menggunakan pipa yang mengaliri air dan memiliki waktu tertentu untuk masa pengalirannya. Agar tetap berfungsi dengan baik, dilakukan pengecekan kondisi lapangan secara berkala agar kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air yang dialirkan tetap terjaga sesuai dengan rencana atau kebutuhan pelanggan, dalam hal ini diharapkan air selalu dapat digunakan setiap saat. Sistem distribusi air meliputi pengambilan air baku, pengolahan air baku, kemudian distribusi. Sistem distribusi air memiliki dua alternatif yaitu (Kamala, 1988):

### 2.3.1 *Continous System* (Sistem Berkelanjutan)

Sistem ini memiliki keuntungan untuk konsumen, karena setiap saat dapat memperoleh air dari jaringan pipa distribusi di jaringan mana pun. Selain itu, kerugiannya adalah pemakaian air akan cenderung lebih besar dikarenakan air mengalir selama 24 jam tanpa henti, serta jika terjadi kebocoran sedikit saja, maka jumlah air yang hilang akan sangat besar jumlahnya.

### **2.3.2 Intermittent System (Sistem Berjeda)**

Sistem ini digunakan ketika tidak tercukupinya kuantitas air serta tekanan air dalam jaringan distribusi relatif rendah untuk seluruh wilayah pelayanan. Pelayanan dilakukan dengan jeda waktu dan biasanya terbagi dalam dua waktu yaitu pada pagi dan sore selama dua hingga empat jam. Keuntungannya adalah pemborosan air dari kebocoran air dapat dihindari, sedangkan kekurangannya adalah perlu menyediakan tempat penyimpanan air untuk pemadam kebakaran karena air akan sulit didapat.

## **2.4 Kehilangan Air**

Pembagian kehilangan air terbagi menjadi dua yaitu kehilangan air secara fisik atau aspek teknis dan secara nonfisik atau aspek nonfisik. Kehilangan air secara fisik terjadi ketika adanya kebocoran pada pipa distribusi serta kegiatan yang dilakukan pada reservoir seperti pencucian tangki atau terjadi limpahan air yang disimpan. Kehilangan air secara nonfisik terjadi ketika adanya kesalahan pencatatan riwayat penggunaan air yang terjual dan ketidakakuratan pengecekan meter pelanggan sehingga menyebabkan kerugian finansial. Menurut Sari (2019), hal-hal yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi tingkat kehilangan air secara fisik maupun nonfisik adalah dengan melakukan identifikasi letak dan besaran nilai kehilangan air pada setiap aspeknya. Berdasarkan hal tersebut, maka kerugian finansial dari kehilangan air menjadi prioritas utama demi terjaganya keberlanjutan perusahaan air minum sehingga dibutuhkan langkah yang sesuai guna menanggulangi hal tersebut (Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, 2017).

### **2.4.1 Kehilangan Air Fisik**

Pendeteksian kehilangan fisik pada pipa transmisi dan distribusi relatif mudah serta perbaikannya relatif lebih cepat. Kehilangan fisik yang berasal dari luapan reservoir atau kebocoran pipa dinas sampai meter pelanggan relatif sulit dideteksi sehingga cenderung membuat lebih besarnya volume kehilangan fisik.

#### **2.4.2 Kehilangan Air Nonfisik/Komersial**

Pendeteksian kehilangan nonfisik relatif lebih sulit dari kehilangan fisik karena air yang hilang tidak nampak sehingga prioritas penurunan kehilangan fisik masih di atas kehilangan nonfisik pada banyak perusahaan air minum. Kehilangan nonfisik berasal dari ketidakakuratan pembacaan meter ataupun alat meter itu sendiri dimana sebetulnya air distribusi sudah melewati meter air namun tidak tercatat.

#### **2.5 Neraca Air Perumdam**

Neraca air merupakan neraca yang mengklasifikasikan perputaran air dalam perusahaan dari proses produksi, distribusi, hingga sampai kepada pelanggan. Rangkaian kegiatan untuk melacak penggunaan air dalam sistem distribusi dan pendistribusiannya disebut neraca air. Neraca air memudahkan perusahaan dalam pencarian aspek yang menentukan letak serta besaran kehilangan air pada setiap kegiatan. Manfaat dari penggunaan neraca air adalah sebagai berikut (Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, 2017):

1. Transparansi aliran suplai air ke dalam jaringan distribusi.
2. Mendapatkan data akurat untuk keperluan perhitungan keuangan perusahaan.
3. Meningkatkan pemahaman terhadap situasi kehilangan air di perusahaan.
4. Menjadi tolok ukur perusahaan karena menggunakan indikator-indikator yang disepakati di seluruh dunia.

Komponen neraca air yang dimaksud dalam penurunan kehilangan air sebagai berikut:

**Tabel 2. 1 Komponen Neraca Air**

Volume Input Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening	
		Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Tak Bermeter Berekening		
Volume Input Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Air Tak Berekening (NRW)	
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening		
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Nonfisik			Konsumsi Tak Resmi
					Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data
		Kehilangan Air Fisik			Kebocoran pada Pipa Distribusi dan Transmisi
					Kebocoran dan Luapan dari Tangki-Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum
		Kebocoran di Pipa Dinas hingga ke Meter Pelanggan			

Sumber: Farley dkk, 2008

Penjelasan istilah pada komponen neraca air pada gambar di atas sebagai berikut:

1. Volume Input Sistem (*System Input Volume*)

Volume input adalah air yang akan didistribusikan, dalam hal ini air yang telah terolah.

2. Konsumsi Resmi (*Authorized Consumption*)

Konsumsi resmi adalah volume air bermeter maupun tidak bermeter oleh pelanggan yang terdaftar. Biasanya digunakan oleh pemasok air, nonfisik, industri, ataupun keperluan perumahan serta keperluan pemerintahan seperti pemadaman kebakaran, penyiraman tanaman kota, pembersihan jalanan, air mancur umum, dan lain-lain.

3. Kehilangan Air (*Water Losses*)

Kehilangan air didefinisikan ketika adanya selisih dari konsumsi resmi dengan volume input. Perhitungan dapat dihitung untuk keseluruhan sistem transmisi dan distribusi ataupun menurut zona tertentu. Kehilangan air terbagi menjadi dua yaitu kehilangan fisik (*real losses*) dan nonfisik (*apparent losses*).



4. Konsumsi Resmi Berekening (*Billed Authorized Consumption*)

Konsumsi resmi berekening didefinisikan dengan volume air bermeter dan berekening, dalam hal ini dapat ditagih. Konsumsi ini setara dengan konsumsi berekening bermeter ditambah dengan konsumsi berekening tak bermeter.

5. Konsumsi Resmi Tak Berekening (*Unbilled Authorized Consumption*)

Konsumsi resmi tak berekening adalah volume air bermeter namun tidak dapat ditagih karena tidak berekening sehingga tidak menjadi pemasukan. Konsumsi ini setara dengan konsumsi bermeter tak berekening ditambah konsumsi tak bermeter tak berekening.

6. Kehilangan Nonfisik/Komersial (*Commercial Losses*)

Kehilangan nonfisik/nonfisik adalah segala ketidakakuratan yang berkaitan dengan meter pelanggan, kesalahan penulisan dan penganganan data, serta konsumsi tidak resmi atau tidak bermeter seperti penggunaan ilegal.

7. Kehilangan Fisik (*Physical Losses*)

Kehilangan fisik adalah volume air yang hilang dimulai dari tempat penyimpanan air hingga ke distribusi air. Meter pelanggan adalah titik penggunaan pelanggan, sedangkan bila tidak terdapat meter pelanggan maka titik tersebut adalah titik pertama (stop keran atau keran) di dalam wilayah tersebut.

8. Konsumsi Bermeter Berekening (*Billed Metered Consumption*)

Konsumsi bermeter berekening adalah volume air yang disalurkan ke pelanggan terdaftar seperti industri, rumah tangga, dan lembaga.

9. Konsumsi Tak Bermeter Berekening (*Billed Unmetered Consumption*)

Konsumsi tak bermeter berekening adalah volume air yang tidak tercatat namun dapat ditagih. Komponen ini terdiri dari air yang melewati batas-batas operasional yang berekening namun tak



bermeter dan sistem yang bermeter secara penuh seperti estimasi jangka waktu meter pelanggan yang sedang tidak berfungsi.

10. Konsumsi Bermeter Tak Berkening (*Unbilled Metered Consumption*)

Konsumsi bermeter tak berekening adalah volume air yang tidak dilakukan penagihan karena alasan tertentu. Salah satunya adalah volume air yang dimanfaatkan oleh perusahaan air sendiri untuk operasional kantor pada kamar mandi, wastafel, serta penunjang perkantoran terkait dan air yang disediakan untuk lembaga-lembaga pemerintahan maupun nonpemerintahan tanpa dipungut biaya.

11. Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening (*Unbilled Unmetered Consumption*)

Konsumsi tak bermeter tak berekening adalah volume air yang digunakan untuk keperluan seperti pemadaman kebakaran, penyiraman tanaman kota, pembersihan jalanan, air mancur umum, dan lain-lain.

12. Konsumsi Tidak Resmi (*Unauthorized Consumption*)

Konsumsi tidak resmi adalah volume air yang penggunaannya tidak resmi seperti sambungan ilegal dan manipulasi meter konsumsi.

13. Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan-kesalahan Penanganan Data (*Customer Metering Inaccuracies and Data Handling Errors*)

Ketidakkuratan meter pelanggan dan kesalaha-kesalahan penanganan data adalah ketika terjadinya ketidakakuratan pembacaan yang dapat berasal dari ketidaktepatan alat atau ketidakhandalan pembacaan meter air serta kurang telitinya penanganan data dalam sistem penagihan.

14. Kebocoran pada Pipa Transmisi dan/atau Distribusi

Kebocoran pada pipa transmisi dan/atau distribusi disebabkan dari retakan pada jaringan pipa sehingga terjadi kebocoran.

Kebocoran yang terjadi dapat berupa kebocoran kecil yang relatif sulit untuk ditemukan sehingga tidak terlaporkan ataupun kebocoran besar seperti semburan atau terjadi genangan air sehingga dapat dilaporkan.

15. Kebocoran dan Limpahan di Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum (*Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks*)

Apabila reservoir atau tangki penyimpanan air saat proses produksi mengalami limpahan atau kebocoran maka termasuk ke dalam kebocoran dan limpahan di tangki penyimpanan. Penyebab limpahan dapat berasal dari kesalahan teknis atau operasional, salah satunya saat pembersihan tangki.

16. Kebocoran pada Sambungan Pipa Pelanggan hingga ke Titik Meter Pelanggan (*Leakage on Service Connections up to Point of Customer Metering*)

Apabila terjadi keretakan atau kebocoran pada sambungan pipa pelanggan, maka kebocoran dapat dilaporkan sebagai retakan. Jika sistem bermeter, maka kebocoran merupakan meter pelanggan. Namun, jika sistem tidak bermeter, maka kebocoran merupakan titik penggunaan pertama (stop keran/keran).

17. Air Berekening (*Revenue Water*)

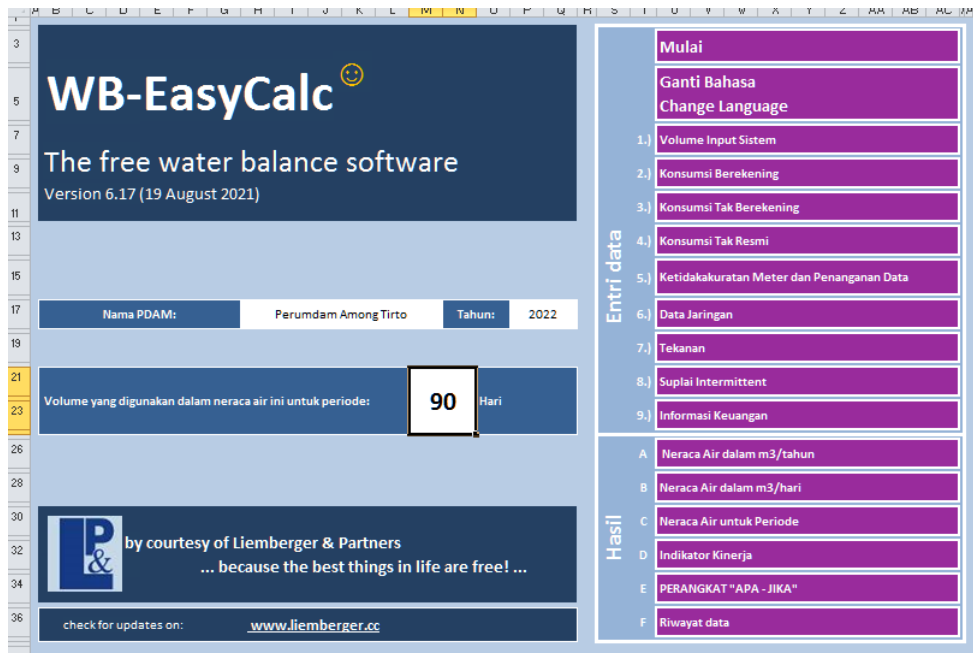
Air berekening adalah air yang dapat ditagih dan menjadi pendapatan untuk perusahaan. Setara dengan konsumsi bermeter berekening dan konsumsi tak bermeter berekening.

18. Air Tak Berekening (*Non Revenue Water*)

Air tak berekening adalah air yang tidak dapat ditagih dan tidak menjadi pendapatan untuk perusahaan. Setara dengan konsumsi resmi tak berekening dan kehilangan air fisik dan nonfisik (nonfisik).

## 2.6 WB-EasyCalc

WB-EasyCalc adalah *software* gratis yang dapat digunakan untuk membuat neraca air yang dikembangkan oleh Liemberger dan didukung oleh World Bank Institute (WBI). Salah satu keunggulan dari *software* ini adalah dapat memberikan tingkat keakurasian data (Farley, 2008). Versi yang akan digunakan adalah versi 6.17 yang dibuat pada Agustus 2021.



Gambar 2. 1 WB-EasyCalc Versi 6.17

## 2.7 Integrasi Keislaman

Menurut Septiarini (2018), air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Namun, hal ini menjadi persoalan dalam Fiqh Islam karena banyak terjadi persengketaan atau perserikatan. Sabda Rasulullah saw:

الْمُسْلِمُونَ شُرَكَاءُ فِي ثَلَاثٍ فِي الْكَلْبِ وَالْمَاءِ وَالنَّارِ

“Manusia bersekutu pada tiga macam benda yaitu rumput, air, dan api”. (H.R. Ahmad dan Abu Dawud)

Ketiga benda yang disebutkan dalam hadis tersebut boleh digunakan oleh siapa saja atau digunakan untuk peruntukan apapun. Pengertian air yang dimaksud adalah air yang berlebih dari yang kita butuhkan, karena segala sesuatu yang berlebihan dilarang untuk diperjualbelikan dalam bentuk apapun. Terdapat segolongan fuqaha berpendapat wajib hukumnya untuk memberikan kelebihan air secara gratis tanpa imbalan apapun dan untuk keperluan apapun. Melalui tafsir hadis tersebut, maka terdapat beberapa pendapat mengenai pengelolaan air sebagai berikut:

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ

*“Tidakkah kamu cermati bahwa Allah telah menjadikan sumber daya alam dan lingkungan sebagai daya dukung lingkungan bagi kehidupanmu secara optimum. Dengan demikian, masih saja ada sebagian manusia yang mempertanyakan kekuasaan Allah secara sembrono yakni tanpa alasan ilmiah, landasan etik, dan referensi memadai”. (QS. Al Lukman:20)*

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

*“Dan (Allah) telah menjadikan semua sumber daya alam dan lingkungan sebagai daya dukung lingkungan bagi kehidupan manusia. Yang demikian hanya ditangkap oleh orang-orang yang memiliki perhatian serius pada lingkungan”. (QS. Al Jasiyah:13)*

Kesimpulan dari dua ayat di atas adalah manusia harus memiliki kesadaran lingkungan sebagai makhluk ciptaan Allah SWT. Sumber daya alam dibutuhkan oleh manusia ataupun makhluk lainnya sebagai tempat tinggal dan manusia hanya dapat hidup di lingkungan yang memadai. Lingkungan telah menyediakan segala hal yang dibutuhkan bagi keberlangsungan umat manusia, maka sudah menjadi keharusan manusia untuk mengelola lingkungan secara bertanggung jawab.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian terdahulu dari sumber tesis dan jurnal sebagai bahan acuan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 2.2** berikut:

**Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu**

No	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
1.	Cindy Veronica Nelson (2021)	Analisis Tingkat Kehilangan Air PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh pada Zona 1 dengan Metode <i>Infrastructure Leakage Index (ILI)</i>	Metode <i>Infrastructure Leakage Index (ILI)</i> dan neraca air	Hasil analisis menggunakan neraca air menunjukkan pada Zona 1 nilai kerugian dalam rupiah sebesar Rp 4.020.657.142 dengan persentase kehilangan air sebesar 33,2% atau setara dengan 870.742 m <sup>3</sup> /tahun. Penilaian <i>Infrastructure Leakage Index (ILI)</i> menunjukkan Zona 1 dalam sistem bertekanan 26,9 m termasuk ke dalam golongan C dengan nilai 13,53 dan memiliki nilai kehilangan air fisik sebesar 300 – 600 liter/sambungan/hari.
2.	Muhammad Nawa Syarif dan Abrar Ridwan (2020)	Studi Kasus Penurunan Kehilangan Air pada Sistem Distribusi Air PDAM di DMA Pondok Mutiara Payung Sekaki dengan Metode <i>Steeptest</i>	Metode uji <i>step test</i> pada setiap area dalam <i>District Meter Area (DMA)</i>	Terdapat empat titik kebocoran dari 9 area dalam <i>District Meter Area</i> Pondok Mutiara yaitu untuk area 1 terdapat satu titik, area 6 terdapat dua titik, dan area 7 terdapat satu titik. DMA Pondok Mutiara memiliki nilai kebocoran sebesar 2,66 liter/detik.
3.	Taha AL-	<i>Assessment of</i>	Metode neraca air	Persentase kehilangan air

No	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
	Washali, Saroj Sharma, Robert Lupoja, Fadhl AL-Nozaily, Mansour Haider, dan Maria Kennedy (2020)	<i>Water Losses in Distribution Networks: Methods, Applications, Uncertainties, and Implications in Intermittent Supply</i>		di tiga negara berkembang yaitu Zarqa, Jordan; Sana'a, Yemen; dan Mwanza, Tanzania sebesar 63,3%, 38,2%, dan 46,1% secara berurutan atau setara dengan 42.362.481 m <sup>3</sup> /tahun, 8.523.540 m <sup>3</sup> /tahun, dan 13.861.559 m <sup>3</sup> /tahun secara berurutan.
4.	Sri Meutia Fatimah, dan Suri Astika (2019)	Analisis Kehilangan Air dengan Metode Neraca Air dan <i>Infrastructure Leakage Index</i> pada PDAM Tirta Tamiang	Metode <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI) dan neraca air	Nilai kerugian di PDAM Tirta Tamiang dalam rupiah sebesar Rp 1.737.128.799 dengan persentase kehilangan air sebesar 38,5% atau setara dengan 394.680 m <sup>3</sup> /tahun. Penilaian <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI) menunjukkan PDAM Tirta Tamiang memiliki nilai kehilangan air fisik sebesar > 400 liter/sambungan/hari dalam sistem bertekanan 15,1 m dan termasuk ke dalam golongan D dengan nilai 85,7.
5.	Amir Mohammadi, Atefeh Parvaresh Rizi, dan Nader Abbasi (2019)	<i>Field Measurement and Analysis of Water Losses at the Main and Tertiary Levels of Irrigation Canals: Varamin Irrigation Scheme, Iran</i>	Evaluasi efisiensi distribusi pada kanal	Hasil evaluasi menunjukkan pada tiga kanal yaitu kanal utama, kanal kedua, dan kanal ketiga memiliki efisiensi sebesar 95%, 91,5%, dan 89,3% secara berurutan. Volume kehilangan air pada setiap kanal sebesar 1,22 m <sup>3</sup> /hari, 1,18 m <sup>3</sup> /hari, dan 0,63 m <sup>3</sup> /hari secara berurutan.
6.	Ewa Ociepa, Maciej Mrowiec, dan Iwona Deska (2019)	<i>Analysis of Water Losses and Assessment of Initiatives Aimed at Their Reduction in Selected Water Supply Systems</i>	Metode <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI)	Persentase kehilangan air di tiga perusahaan yaitu Perusahaan A; Perusahaan B; dan Perusahaan C sebesar 7,3%, 9,3%, dan 5,2% secara berurutan atau setara dengan 426.100 m <sup>3</sup> /tahun, 608.200 m <sup>3</sup> /tahun, dan 394.500 m <sup>3</sup> /tahun secara berurutan. Nilai <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI) yang didapat bernilai 1,8; 2,4; dan 1,9 secara berurutan.
7.	Mawiti Infantri Yekti,	<i>Non-Revenue Water (NRW) and Its</i>	Metode <i>Infrastructure</i>	Hasil analisis menggunakan neraca air



No	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
	I Nyoman Norken, dan Ni Putu Risca Wentiari (2019)	<i>Handling for a Drinking Water Supply System in Kedewatan Zone Gianyar Bali</i>	<i>Leakage Index</i> (ILI) dan neraca air	menunjukkan pada Zona Kedewatan terdapat kehilangan air sebesar 64,58% atau setara dengan 972.654,13 m <sup>3</sup> /tahun. Nilai <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI) yang didapat bernilai 69,98 dan termasuk ke dalam golongan D.
8.	Manal Al-Bulushi, Maha M. Al Sulti, dan Mohammed F. M. Abushammala (2018)	<i>Investigation of Water Losses in Water Supply System: Muscat as a Case Study</i>	Metode <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI) dan neraca air	Hasil analisis menggunakan neraca air menunjukkan pada Al Seeb Wilayah, Oman terdapat kehilangan air sebesar 36,2%. Nilai <i>Infrastructure Leakage Index</i> (ILI) yang didapat bernilai 3,9.
9.	Widy Saparina (2017)	Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang	Metode uji <i>step test</i> pada setiap area dalam <i>District Meter Area</i> (DMA) dan neraca air	Persentase kehilangan air di PDAM Kota Malang setelah dilakukan evaluasi penurunan kehilangan air menjadi 11,3% dari 19,97%. Hal ini dapat meningkatkan pendapatan dari hasil penurunan kehilangan air sebesar Rp 172.315.308 per tahun.
10.	Iis Puspitasari dan Alfian Purnomo (2017)	Studi Kehilangan Air Nonfisik (Studi Kasus: PDAM Kota Kendari Cabang Pohara)	Metode neraca air	Hasil analisis menggunakan neraca air menunjukkan pada Cabang Pohara terdapat kehilangan air sebesar 57,99% atau setara dengan 3.041.257 m <sup>3</sup> /tahun dengan nilai kerugian dalam rupiah sebesar Rp 34.864.365.311.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metodologi Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menganalisis data meter air pelanggan. Metode deskriptif kuantitatif adalah metode yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara objektif melibatkan angka pada suatu kondisi dimulai dari pengambilan data, analisis data, serta hasil analisis data (Arikunto, 2006). Analisis dilakukan untuk mengetahui besar tingkat kehilangan air di Perumdam Among Tirta Kota Batu dengan melakukan pengukuran meter air untuk mengetahui keakuratan meter air sehingga dapat diketahui kondisi alat. Setelah pengukuran meter air selanjutnya menyusun neraca air dengan menganalisis data hasil pengecekan meter air serta data sekunder dari Perumdam Among Tirta Kota Batu berupa data produksi air, distribusi air, dan air terjual.

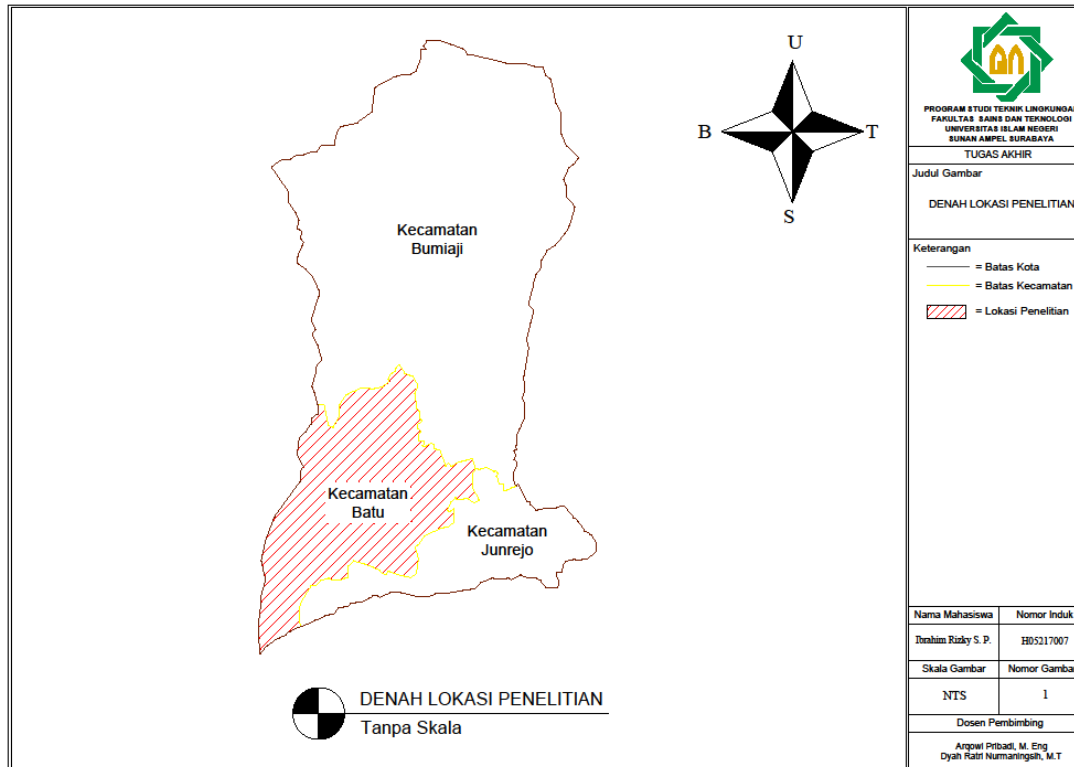
#### **3.2 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian terdiri dari waktu persiapan penelitian, pengumpulan data-data penelitian, analisis data dan pembahasan, serta penyusunan laporan. Penelitian direncanakan dimulai pada bulan Juli 2022 s/d Oktober 2022. Waktu rencana pengambilan data yaitu pada bulan Juli 2022 s/d September 2022.

#### **3.3 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian bertempat di Perumdam Among Tirta Kota Batu di Jl. Kartini No. 10, Kecamatan Batu. Lokasi secara detail dapat dilihat pada **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2** sebagai berikut:





**Gambar 3. 1 Denah Lokasi Penelitian**

Sumber: Google Earth, 2022



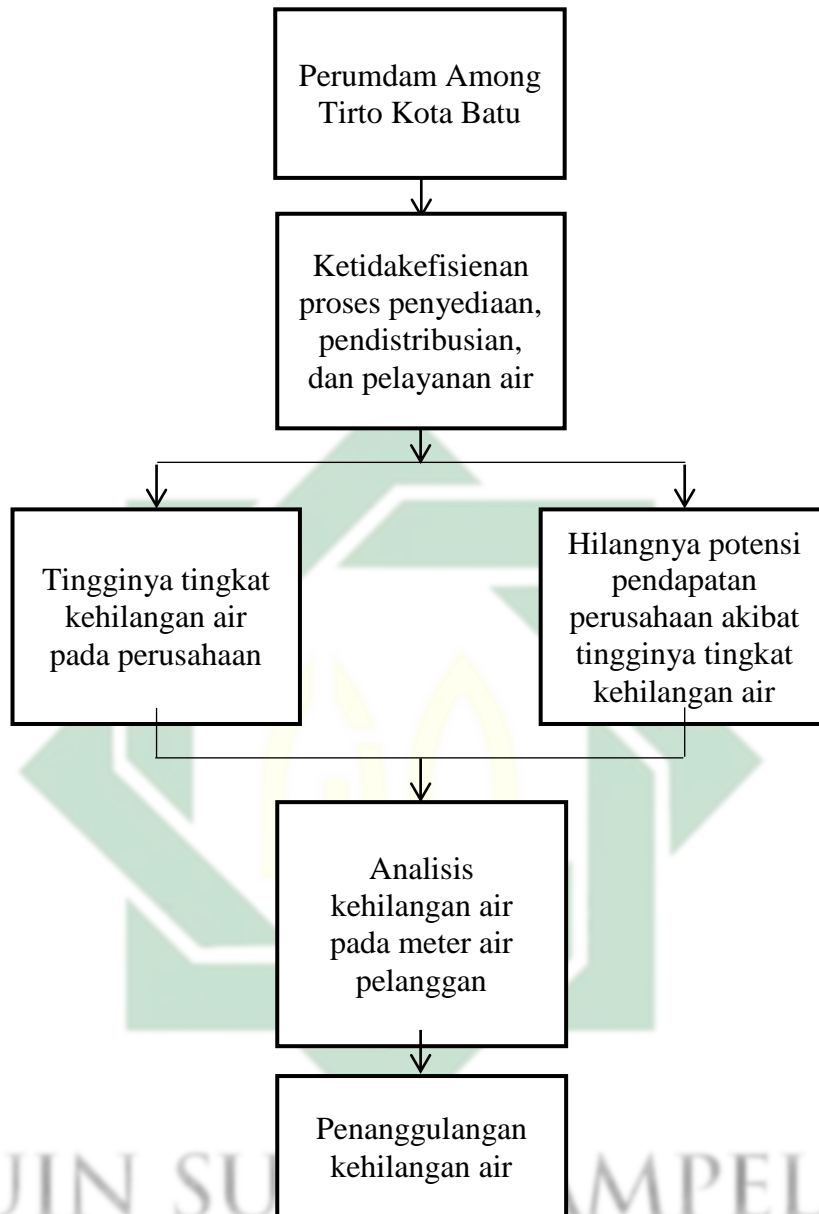
**Gambar 3. 2** Tampak Depan Kantor Perumdam Among Tirta Kota Batu

Sumber: Data Primer, 2021

### 3.4 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian berfungsi sebagai acuan langkah-langkah penelitian secara sistematis agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Tingkat kehilangan air di Perumdam Among Tirta Kota Batu relatif tinggi dimana hal ini menunjukkan bahwa terdapat ketidakefisienan pada proses penyediaan, pendistribusian, dan pelayanan air sehingga dapat berdampak pada berkurangnya potensi pendapatan perusahaan (Perumdam Kota Batu, 2021). Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis nilai kehilangan air di Perumdam Among Tirta Kota Batu pada tahun 2022. Kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 3. 3 Kerangka Pikir Penelitian**

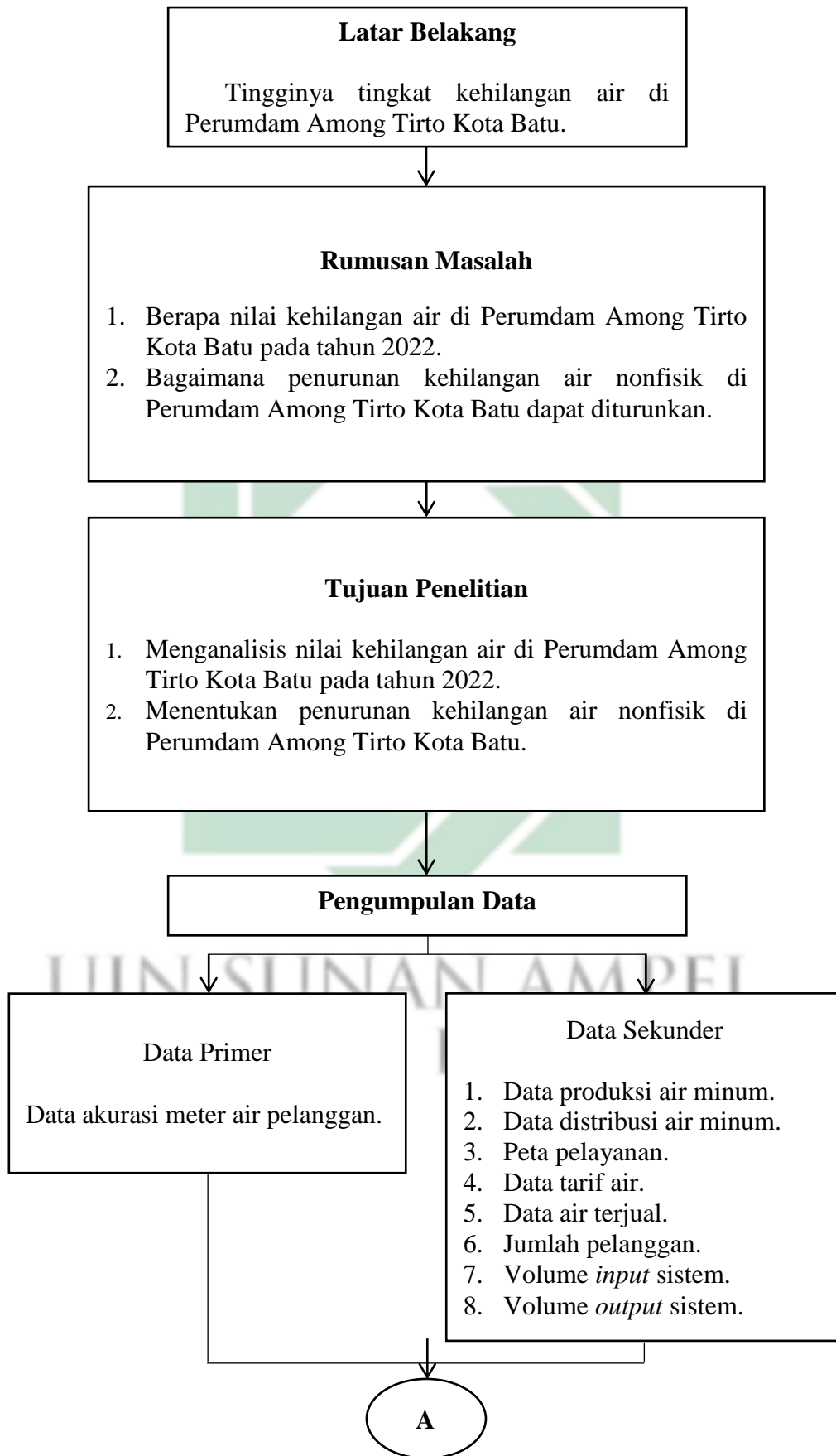
### 3.5 Tahapan dan Metode Penelitian

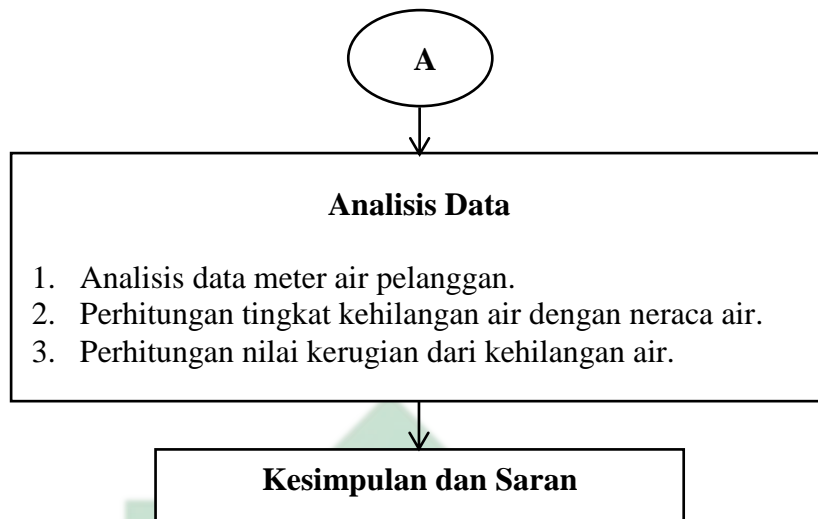
Tahapan dan metode penelitian berfungsi untuk:

1. Memudahkan analisis pada awal penelitian.
2. Memetakan hal-hal penting yang berkaitan dengan analisis.
3. Menghindari kekeliruan langkah atau tahapan.

Tahapan dalam penelitian ini dijelaskan lebih rinci pada **Gambar 3.4** berikut:







**Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian**

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

### 3.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan mencakup rumusan masalah. Perumdam Among Tirta dalam operasionalnya masih belum optimal oleh adanya kehilangan air sebesar 42,6%. Perlu dilakukan analisis kebutuhan air atau kapasitas distribusi yang diperlukan dalam melayani pelanggan serta besar kehilangan air pada tahun 2022.

### 3.5.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan mencakup pengambilan data primer dan sekunder.

#### 3.5.2.1 Data Primer

Data primer yang dibutuhkan berupa akurasi meter air pelanggan, yakni rumah tangga yang terletak pada Kecamatan Junrejo dan Kecamatan Batu. Data akurasi meter pelanggan akan digunakan untuk menentukan ketepatan data sekunder eksisting. Pengujian akurasi meter air dilakukan dengan mengakurasi meter air pelanggan di Kecamatan Junrejo dan Kecamatan Batu dengan persyaratan yaitu memiliki meter air, terdapat kran air yang dekat dengan meter air, dan air tidak langsung menuju tandon bawah. Penentuan jumlah sampel akurasi meter air pelanggan ditentukan berdasarkan SNI 05-0666-1997 berdasarkan dengan pengelompokan data pada **Tabel 3.2** sebagai berikut:

**Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Meter Air**

No.	Jumlah dalam Kelompok	Jumlah Sampel
1	2 – 15	2
2	16 – 25	3
3	26 – 90	5
4	91 – 150	8
5	151 – 280	13
6	281 – 500	20
7	501 – 1200	32
8	1201 – 3200	50
9	3201 – 10000	80
10	10001 – 35000	125
11	35001 – 150000	200

No.	Jumlah dalam Kelompok	Jumlah Sampel
12	150001 – 500000	315
13	500001 keatas	500

Sumber: SNI 05-0666-1997

Langkah pengukuran akurasi meter sebagai berikut:

1. Menadah air yang melewati keran air ke dalam wadah berukuran 1.000 ml atau 1 liter.
2. Membaca volume pada meter air dengan melihat jarum penunjuk. Satu putaran penuh jarum menunjukkan volume 1.000 ml atau 1 liter.
3. Mengukur volume air di dalam wadah dengan menggunakan gelas ukur 1.000 ml atau 1 liter.
4. Menghitung selisih antara volume air yang tercatat pada meter air dengan volume air pada wadah hasil pengukuran.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



### 3.5.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

**Tabel 3. 2 Klasifikasi Data Sekunder serta Sumber**

No.	Data Sekunder	Sumber
1.	Data Produksi Air Minum	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
2.	Data Distribusi Air Minum	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
3.	Peta Pelayanan	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
4.	Data Tarif Air	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
5.	Data Air Terjual	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
6.	Jumlah Pelanggan	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
7.	Volume <i>Input</i> Sistem	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022
8.	Volume <i>Output</i> Sistem	Buku Laporan Perumdam Among Tirta Kota Batu 2022

### 3.5.3 Tahap Analisis Data

Pengolahan data pada tahap analisis data yang dilakukan meliputi analisis menggunakan rumus untuk mengetahui kebutuhan air bersih, kehilangan air, serta kerugian yang disebabkan oleh tingkat kehilangan air Perumdam Among Tirta pada lima tahun ke depan.

#### 1. Analisis Data Meter Air Pelanggan

Analisis data meter air pelanggan dilakukan dengan melihat selisih yang terdapat pada meter air tiap pelanggan. Bila terjadi penyimpangan positif atau air yang tercatat pada meter pelanggan lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan jumlah air pengukuran, maka hal ini merugikan perusahaan. Lain halnya bila terjadi penyimpangan negatif atau air yang tercatat pada meter pelanggan lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan jumlah air pengukuran, maka hal ini menguntungkan perusahaan (Puspitasari, 2017).

## 2. Perhitungan Kehilangan Air

Perhitungan kehilangan air dimulai dengan menghitung kehilangan air nonfisik dari ketidakakuratan meter air pelanggan. Setelah kehilangan air nonfisik didapat, maka dapat menghitung jenis kehilangan air lainnya. Menurut Saparina (2017), perhitungan kehilangan air berdasarkan input sistem dikurangi dengan konsumsi berekening. Debit produksi yang mana merupakan input sistem kemudian dikurangi dengan konsumsi berekening berupa data sekunder hasil penelitian.

## 3. Perhitungan Kerugian yang Diakibatkan oleh Tingkat Kehilangan Air

Menurut Nelson (2021), perhitungan kerugian dihitung dengan mengalkulasi volume kehilangan air dalam  $m^3$  dengan tarif yang ditetapkan oleh Perumdam Among Tirta Kota Batu sesuai dengan kategori pelanggan sehingga dapat diketahui nilai kehilangan air dalam rupiah.

### **3.5.4 Tahap Penyusunan Laporan**

Tahap penyusunan laporan dilakukan setelah seluruh tahap telah terkumpul. Hasil penyusunan laporan akan digunakan sebagai bahan evaluasi untuk Perumdam Among Tirta Kota Batu mengenai kehilangan air pada tahun 2022 lalu dilanjutkan penulisan kesimpulan dan saran.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kehilangan Air Nonfisik

#### 4.1.1 Kehilangan Air Nonfisik Akibat Ketidakakuratan Meter Air Pelanggan

Mulai tanggal 29 September 2022 hingga 29 November 2022, penelitian dilakukan di Kecamatan Batu dengan menguji keakuratan meteran air pelanggan. Akurasi meteran air diuji pada 80 SR menggunakan pemilihan SR secara acak. 21 meter air pelanggan ditemukan kesalahan selama uji akurasi meter air Kecamatan Batu. Hasil perhitungan nilai simpangan setelah dilakukan pengujian ketelitian meter air dengan menggunakan sampel 80 meter. Perhitungan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai deviasi dengan membandingkan volume air yang terdapat dalam *beaker glass* dengan volume air yang tercatat pada meter pelanggan:

$$\text{Penyimpangan (P)} = \sum (\text{Mr} - \text{Mc})$$

Dengan:

Mr = (*meter reference*) angka yang berasal dari berapa banyak air yang dapat ditampung dalam *beaker glass*

Mc = (*meter customer*) angka yang berasal dari berapa banyak air yang dapat ditampung atau terlewati meter air pelanggan

Rincian rekapitulasi hasil penyimpangan meter air pelanggan dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4. 1 Hasil Penyimpangan Meter Air Pelanggan Terhadap Pengukuran Volume Air Menggunakan Gelas Ukur**

No	Hasil Penyimpangan	Jumlah Meter Air Pelanggan	Jumlah Volume (L)
1	Penyimpangan Positif	13	7,80
2	Penyimpangan Negatif	8	-1,20
3	Penyimpangan Nol	59	0
Total		80	6,60

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Terdapat penyimpangan nol (P0), positif (PP), dan negatif (PN), seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.1**. Terdapat 13, 8, dan 59 meter air pelanggan, ketika akurasi meter dengan penyimpangan positif, negatif, dan nol. P0 terjadi bila tidak ada perbedaan antara jumlah air yang tertampung dalam gelas ukur dan jumlah yang tertera pada meteran air, sedangkan PP terjadi bila ada ketidaksesuaian antara keduanya dengan lebih banyak air yang tertampung pada *beaker glass* daripada yang tercatat pada meter air. Sebaliknya, PN terjadi ketika jumlah air di gelas ukur lebih kecil dari jumlah air yang tertera di meteran air (Puspitasari, 2017). Jumlah kehilangan air nonfisik yang diakibatkan meteran air (KAK) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{KAK (\%)} = (\text{Penyimpangan} / n) \times 100\%$$

Dengan:

KAK = kehilangan air nonfisik meter air (%)

Penyimpangan = hasil simpangan dari analisis akurasi meter air jumlah sampel

Hasil perhitungan %KAK ditunjukkan pada **Tabel 4.2** berikut.

**Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan KAK**

$\Sigma$ Penyimpangan (L)	Jumlah Sampel	KAK (%)
6,60	80	8,25%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Persentase KAK di Perumdam Among Tirto Kota Batu adalah sebesar 8,25%, sebagaimana dapat dilihat pada tabel di atas. Pembahasan selanjutnya, neraca air dapat dibuat dengan menggunakan data ini.

Kebenaran hasil pengukuran dipastikan dengan pengukuran tambahan secara khusus tiga kali pengukuran berdasarkan hasil penyimpangan keakuratan meteran air pelanggan yang telah dilakukan dengan menggunakan gelas ukur satu liter tanpa pengulangan. 6 SR, dua di antaranya mewakili SR dengan deviasi nol, positif, dan negatif, menjadi sasaran pengukuran ekstra. Rofika (2012) menegaskan bahwa tekanan dan umur meteran air berpengaruh terhadap keakuratannya. Hasil pengukuran selanjutnya menunjukkan bahwa nilai simpangan yang terjadi pada pengukuran awal tidak berubah, membuktikan bahwa pembacaan sebelumnya akurat. Penggunaan pengatur waktu atau *stopwatch* digunakan untuk pengamatan dan menghitung debit rata-rata. Hal ini diperlukan untuk mengetahui berapa banyak air yang dikonsumsi oleh konsumen dalam jangka waktu tertentu. **Tabel 4.3** di bawah menunjukkan debit tipikal SR.

**Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tambahan Terhadap Debit Air Rata-rata**

ID Pelanggan	Volume Tertampung (L)			Waktu Pengukuran (s)			Debit (L/s)			Debit Rata-rata (L/s)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	10,21	10,21	10,21	0,01	0,01	0,01	0,01
2	1	1	1	13,52	13,52	13,52	0,07	0,07	0,07	0,07
3	1,15	1,15	1,15	5,2	5,2	5,2	0,22	0,22	0,22	0,22
4	1,05	1,05	1,05	7,02	7,02	7,02	0,15	0,15	0,15	0,15
5	0,95	0,95	0,95	35,35	35,35	35,35	0,03	0,03	0,03	0,03
6	0,65	0,65	0,65	30,48	30,48	30,48	0,02	0,02	0,02	0,02

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Penyimpangan positif telah diamati, salah satunya adalah klien dengan nomor ID pelanggan 3, di mana lebih banyak air yang terwadahi daripada yang ditunjukkan oleh pembacaan meter. Hal ini terjadi karena meteran sudah melewati batas umur teknis lima tahun, sedangkan meteran ID pelanggan nomor tiga sudah mencapai usia enam tahun dan harus diganti. Salah satu penyimpangan negatif terjadi pada meter ID pelanggan 6 yang disebabkan oleh putusnya pipa yang tidak diperbaiki, sehingga terjadi ketidaksesuaian antara jumlah air yang diukur dalam meter air dan jumlah yang terkandung dalam gelas beaker 1.000 ml. Menurut Puspitasari (2017), perhitungan kehilangan air nonfisik yang diakibatkan oleh kesalahan pada meter air dapat memperhitungkan deviasi baik positif maupun negatif karena jika volume air yang tercatat pada meter air pelanggan melebihi jumlah pada gelas ukur, maka dapat menutupi kerugian perusahaan. atau kerugian Perumdam. terkait dengan terjadinya penyimpangan yang lebih positif daripada negatif. Hal ini menunjukkan bahwa Perumdam Among Tirto Kota Batu lebih banyak mengalami kerugian daripada keuntungan.

Di Kecamatan Batu, 21 dari 80 meter air yang diuji di lapangan mengalami kesalahan. Meteran air untuk konsumen tampak kabur atau tidak jelas terlihat. Akibatnya, sulit untuk membaca angka tertulis meteran air. Ada juga dua meter air yang rusak. Meter air lain yang tidak responsif memiliki jarum yang berjalan lambat saat air yang mengalir keluar dari keran bergerak dengan cepat, sehingga

pembacaan air yang terlewat menjadi tidak akurat. Tekanan air juga dapat berdampak pada keakuratan meteran air karena tekanan yang rendah akan mempersulit meteran untuk membaca meteran air, begitu juga sebaliknya. Selain itu, ada meteran air yang pembacaannya tetap statis atau tidak bergerak. Hal ini jelas berdampak negatif bagi usaha karena tidak memungkinkan untuk menentukan berapa kebutuhan air yang harus dibayar.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 70/M-DAG/PER/10/2014 Tentang Alat-alat Ukur, Takar, Timbang dan Perlengkapannya, Jangka waktu kalibrasi ulang meter air Pada umur lima tahun, bila kapasitas nominalnya di bawah  $25 \text{ m}^3/\text{jam}$ , harus dikalibrasi ulang; pada usia dua tahun, jika kapasitas nominal di atas  $25 \text{ m}^3/\text{jam}$ , dapat digunakan untuk mengetahui kondisi meter air pelanggan saat ini dan untuk mencegah kesalahan pembacaan pada meter air pelanggan. Kalibrasi ulang sering dilakukan oleh satu orang pada satu waktu menggunakan *test bench portable*, atau setidaknya, dengan gelas ukur (Modul Air Tak Berekening, 2018).

#### **4.1.2 Kehilangan Air Nonfisik Akibat Pencurian Air dan Penanganan Data**

Pencurian air merupakan salah satu penyebab hilangnya air secara nonfisik. Menurut DPSPAM (2017), pencurian air melibatkan:

- a. Konsumsi ilegal, sebagaimana ditentukan dengan mensurvei meter air dengan volume  $0 \text{ m}^3$  dan kurang dari  $10 \text{ m}^3$  yang digunakan per bulan.
- b. Survei *door-to-door* digunakan untuk mengidentifikasi pembohong, terutama berfokus pada pelanggan lama (ditutup permanen atau sementara).

Pencarian pelanggan dengan penggunaan  $0 \text{ m}^3$  dalam tiga bulan sebelumnya juga dilakukan saat mengumpulkan data uji kapasitas meter air. (September 2022, Oktober 2022 dan November 2022). Enam SR, seperti yang



ditunjukkan pada Tabel 4.4 di bawah ini, mewakili jumlah pelanggan yang menggunakan 0 m<sup>3</sup> dalam tiga bulan sebelumnya.

**Tabel 4. 4 Hasil Pencarian SR Pemakaian 0 m3**

No	Keterangan	Jumlah
1	Rumah Kosong	4
2	Air Tidak Digunakan	2
Jumlah		6

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Karena informasi yang terekam pada pembacaan meter sesuai dengan keadaan saat ini, maka dapat disimpulkan dari data di atas bahwa tidak ada penggunaan yang melanggar hukum. Ada 6 klien PDAM yang tidak aktif, menurut dokumentasi Perumdam Among Tirta Kota Batu (2022).

Perumdam Among Tirta Kota Batu Untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan meter atau penipuan yang dapat mengakibatkan hilangnya air nonfisik atau kesalahan penanganan data, menggunakan sistem Android yang terhubung dengan sistem pembayaran di kasir pada saat melakukan pembacaan meter air pelanggan.

## 4.2 Neraca Air

### 4.2.1. Volume Input Sistem

Kuantitas produksi air yang telah mengalami pengolahan dan dimasukkan ke dalam komponen jaringan air minum dianggap seimbang (DPSPAM, 2017). Volume air yang disajikan pada **Tabel 4.5** dengan informasi tambahan pada Lampiran.

**Tabel 4. 5 Volume Input Sistem**

No	Bulan	Air yang Didistribusikan (m <sup>3</sup> /bulan)
1	September	270.519
2	Oktober	261.792
3	November	291.946
Total		824.257



Rata-rata	274.752,33
-----------	------------

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Dapat dilihat bahwa volume input sistem adalah 824.257 m<sup>3</sup>/3 bulan pada tabel di atas. Berdasarkan informasi debit air di setiap gedung pengolahan, dihitung volume air yang didistribusikan. Akurasi sistem input volume (*margin of error*) berkisar antara 10% dan 50%. *Margin of error* untuk volume input sistem, yaitu 30%, dihitung dengan menggunakan nilai rata-rata karena tidak mungkin untuk memperkirakan *margin of error* dalam rentang ini.

#### 4.2.2. Konsumsi Resmi

Konsumsi resmi adalah jumlah air yang digunakan untuk keperluan perumahan, komersial, atau industri yang diukur atau tidak diukur oleh konsumen terdaftar atau resmi, pemasok air, dan pihak lain. Air yang digunakan untuk pembangunan, pembersihan jalan, pengairan taman kota, latihan pemadaman atau pemadaman kebakaran, atau pencucian pipa PDAM atau selokan juga boleh dikonsumsi secara legal. (DPSPAM, 2017). Konsumsi resmi yang berekening dan tidak dihitung merupakan dua kategori konsumsi resmi.

##### a. Konsumsi Resmi Berekening

Komponen konsumsi resmi yang dikenal sebagai "konsumsi resmi yang diperhitungkan" dibayar dan diubah menjadi pendapatan. (juga dikenal sebagai *Accounted Water* atau *Revenue Water*). Setara dengan menambahkan konsumsi *meter-recorded* dan *account-recorded* (DPSPAM, 2017). Penggunaan yang tercatat secara resmi di Perumdam Among Tirto Kota Batu terdiri dari air yang dijual ke pelanggan dan pengiriman tangki air. Pengiriman tangki air dianggap tidak terukur sedangkan air yang dijual kepada klien diukur untuk konsumsi resmi. **Tabel 4.6** menampilkan volume pemakaian resmi bermeter.

**Tabel 4. 6 Volume Konsumsi Resmi Berekening Bermeter**

Bulan	Volume (m <sup>3</sup> )	Pendapatan
Agustus	180.359	Rp 1.117.175.475
Oktober	138.351	Rp 1.003.753.882
November	180.359	Rp 1.123.125.100
Total	499.069	Rp 3.244.054.457

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Volume konsumsi rekening meteran resmi adalah 499.069 m<sup>3</sup>/3 bulan, dan total pendapatan adalah Rp 3.244.054.457, seperti dapat dilihat pada tabel di atas. Pelanggan menggunakan meteran air mekanis, sehingga *margin of error* data adalah 2%.

**Tabel 4. 7 Volume Konsumsi Resmi Berekening**

Konsumsi Resmi	Volume (m <sup>3</sup> )	Pendapatan
Berekening tak bermeter	0	Rp 0
Berekening bermeter	499.069	Rp 3.244.054.457
Total	499.069	Rp 3.244.054.457

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Karena Perumdam Among Tirto Kota Batu tidak mengirimkan tangki air, volume konsumsi resmi untuk rekening tanpa meteran dianggap tidak ada. Hal ini dikarenakan Perumdam Among Tirto hanya menyalurkan atau menggunakan air yang diproduksi langsung kepada pelanggan ke rumah melalui pipa distribusi dan tidak melakukan penjualan menggunakan tangki ataupun sejenisnya.

b. Konsumsi Resmi Tak Berekening

Konsumsi Resmi Tak Berekening mengacu pada bagian Konsumsi Resmi yang legal untuk dikonsumsi tetapi disediakan tanpa biaya dan tidak menghasilkan pendapatan. setara dengan jumlah konsumsi tak berekening bermeter dan tidak bermeter. Proses PDAM

seperti pencucian pipa (*wash out*), pembersihan jalan, dan lain-lain menggunakan komponen ini.

Perumdam diasumsikan bahwa tidak menggunakan volume air untuk penggunaan resmi yang tidak dilaporkan, seperti mencuci tangki penyimpanan air (*wash out*).

#### 4.2.3. *Non-Revenue Water (NRW)*

Kehilangan Air (*Non-revenue Water*) adalah air yang dihasilkan PDAM tetapi tidak dijual untuk mendapatkan keuntungan sehingga menyebabkan PDAM merugi. Penggunaan Konsumsi Resmi dikurangkan dari Volume Input Sistem untuk menghasilkan Volume Air Tak Berekening (NRW) (atau dengan mengurangi Konsumsi Bermeter Tak Berekening dan Konsumsi Bermeter Tak Bermeter dari air yang diproduksi, dalam hal Sistem Distribusi). Konsumsi Resmi Tak Bermeter, Kehilangan Air Nonfisik, dan Kehilangan Air Fisik adalah tiga bagian utama dari NRW. Dimungkinkan untuk menghitung volume data input dan konsumsi akun resmi di NRW. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung NRW:

$$\text{NRW} = \text{Volume input} - \text{Konsumsi Resmi Berekening}$$

Hasil perhitungan NRW ditunjukkan pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4. 8 Volume NRW**

Komponen	Volume (m <sup>3</sup> )
Input sistem	824.257
Konsumsi resmi berekening	499.069
NRW	325.188

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Input sistem Perumdam Among Tirta yaitu sebesar 824.257 m<sup>3</sup> dengan konsumsi resmi berekening sebesar 499.069, didapatkan dari penjumlahan konsumsi berkenening bermeter dan konsumsi berekening tak bermeter. NRW atau *Non-revenue Water* yang

didapatkan yaitu sebesar 325.188 m<sup>3</sup> dimana angka ini setara dengan 39,45% dari hasil bagi NRW dengan Volume Input Sistem.

#### 4.2.4. Kehilangan Air

Kesenjangan antara input sistem dan konsumsi resmi adalah kehilangan air. Volume keseluruhan untuk seluruh jaringan, area tertentu dari jaringan, seperti saluran transmisi atau distribusi, atau zona terbatas, dapat dianggap sebagai kehilangan air. Kehilangan fisik dan kehilangan nonfisik keduanya merupakan jenis kehilangan air. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan volume kehilangan air:

$$\text{Kehilangan Air} = \text{NRW} - \text{Konsumsi Resmi Tak Berekening} = \text{Kehilangan Air Fisik} + \text{Kehilangan Air Nonfisik}$$

**Tabel 4. 9 Volume Kehilangan Air**

Komponen	Volume (m <sup>3</sup> )
NRW	325,188
Konsumsi Resmi Tak Berekening	0
Kehilangan Air	325,188

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Nilai NRW yang sebelumnya didapatkan yaitu 325,188 m<sup>3</sup> kemudian dijumlahkan dengan konsumsi resmi tak berekening yang mana tidak ada konsumsi, dalam hal ini 0. Maka, kehilangan air secara keseluruhan dari penjumlahan NRW dengan Konsumsi Resmi Tak Berekening sebesar 325,188 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.5. Kehilangan Air Nonfisik

Persentase kehilangan air nonfisik di Perumdam Kota Batu (% KAK) adalah 18,31% seperti yang telah dibahas sebelumnya. Karena meteran air mekanis digunakan untuk mengukur volume air, *margin error* untuk data ini adalah 2%. Rumus berikut menggunakan volume kehilangan air nonfisik dan nilai rupiah:

Kehilangan air nonfisik = %KAK x Kehilangan Air (m<sup>3</sup>/waktu-bulan atau tahun)

Hasil dari perhitungan volume kehilangan air nonfisik ditunjukkan pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4. 10 Volume Kehilangan Air Nonfisik**

KAK (%)	Kehilangan Air (m <sup>3</sup> )	Kehilangan Air Nonfisik (m <sup>3</sup> )
8,25%	325,188	26.828,01

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

%KAK dikalikan dengan kehilangan air untuk mengetahui bobot kehilangan air dari ketidakakuratan meter air secara teknis. Berdasarkan informasi di atas, 26.828,01 m<sup>3</sup> air nonfisik hilang di Perumdam Kota Batu pada tahun 2022 atau sebesar 3,25% dari hasil bagi Kehilangan Air Nonfisik dengan Volume Input Sistem.

#### 4.2.6. Kehilangan Air Fisik

Kehilangan air fisik adalah kehilangan air secara fisik dari tangki penyimpanan air dan reservoir serta sistem tekanan ke titik penggunaan pelanggan. Titik penggunaan pelanggan disebut sebagai pelanggan meteran pada jaringan yang pelanggannya memasang meteran. Titik pertama (stop kran atau *faucet*) di persil atau wilayah pelanggan adalah titik itu (jika tidak diukur). Asosiasi Air Internasional mengacu kerugian fisik sebagai kerugian nyata, dan di beberapa negara, kerugian teknis. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan volume kehilangan air fisik:

$$\text{Kehilangan Air} = \text{NRW} - \text{Konsumsi Resmi Tak Berekening} = \text{Kehilangan Air Fisik} + \text{Kehilangan Air Nonfisik}$$

Hasil perhitungan kehilangan air fisik ditunjukkan pada **Tabel 4.11**.

**Tabel 4. 11 Volume Kehilangan Air Fisik**

Komponen	Volume (m <sup>3</sup> )
Kehilangan Air	325,188
Kehilangan Air Nonfisik	26.828,01
Kehilangan Air Fisik	298.359,99

Sumber: Perumdam Kota Batu, 2022

Kehilangan Air Fisik didapatkan dari kalkulasi Kehilangan Air dikurangi dengan Kehilangan Air Nonfisik, 325,188 m<sup>3</sup> dikurangi dengan 26.828,01 m<sup>3</sup>. Berdasarkan informasi di atas, air yang hilang di PDAM Kota Baru pada tahun 2022 adalah sebesar 298.359,99 m<sup>3</sup> atau sebesar 36,20% dari hasil bagi Kehilangan Air Fisik dengan Volume Input Sistem.

#### 4.2.7. Rata-rata Tarif Harga Air

Di Perumdam Kota Baru, ada 15 kategori harga yang berbeda. Kategori berikut terdaftar: Sosial Umum/A1, Sosial/A2 Khusus, Sekolah, Rumah Tangga 1, 2, 3, dan 4, Pemerintah, Perdagangan 1, 2, 3, dan 4, Industri 1, 2, dan Khusus 1. Tarif rata-rata selama setahun dapat dihitung dengan menggunakan informasi konsumsi total berekening pada Tabel 4.7 dan persamaan berikut:

Tarif rata-rata (Rp/ m<sup>3</sup>) = Total pendapatan dalam tiga bulan (Rp)/Pemakaian air dalam tiga bulan (m<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} \text{Tarif rata-rata (Rp/ m}^3\text{)} &= \text{Rp } 3.244.054.457 / 499.069 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp } 6.500,21 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Total pendapatan dalam tiga bulan yaitu sebesar Rp 3.244.054.457 dengan pemakaian air dalam tiga bulan sebesar 499.069 m<sup>3</sup>. Berdasarkan perhitungan di atas, tarif rata-rata per m<sup>3</sup> di Perumdam Kota Batu adalah Rp 6.500,21. Jumlah kerugian akibat kehilangan air dapat ditentukan dengan menggunakan data ini. Kehilangan air volumetrik akan terlihat biasa; namun, jika

diterjemahkan atau diubah menjadi rupiah, maka akan tampak berbeda (Aniza, 2015). Hal ini dikarenakan apabila angka Rupiah yang terlihat maka akan langsung diasumsikan sebagai pendapatan perusahaan yang menghilang dibanding dengan air yang hilang yang relatif masih sering diabaikan. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan kehilangan air:

Kehilangan air = Tarif rata-rata (Rp/ m<sup>3</sup>) x Kehilangan air dalam satu tahun (m<sup>3</sup>/tahun)

Kehilangan air nonfisik = Tarif rata-rata (Rp/ m<sup>3</sup>) x Kehilangan air nonfisik dalam satu tahun (m<sup>3</sup>/tahun)

Kehilangan air fisik = Tarif rata-rata (Rp/ m<sup>3</sup>) x Kehilangan air fisik dalam satu tahun (m<sup>3</sup>/tahun)

Hasil dari perhitungan kehilangan air dalam rupiah ditunjukkan pada **Tabel 4.12** berikut.

**Tabel 4. 12 Kehilangan Air dalam Rupiah**

Komponen	Volume (m <sup>3</sup> )	Nilai (Rp)
Kehilangan Air	325,188	2.113.790.289,48
Kehilangan Air Nonfisik	26.828,01	174.387.698,88
Kehilangan Air Fisik	298.359,99	1.939.402.590,56

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Nilai Kehilangan Air secara rupiah didapatkan dari hasil kalkulasi konsumsi air dalam meter kubik dengan tarif air dalam rupiah per meter kubik. Kehilangan Air Fisik yang memiliki nilai kehilangan tertinggi memiliki bobot yang lebih besar yaitu Rp 1.939.402.590,56 bila dibandingkan dengan Kehilangan Air Nonfisik dengan nilai sebesar Rp 174.387.698,88. Total kehilangan air dalam hal ini secara rupiah di Perumdam Among Tirta Kota Batu sebesar 2.113.790.289,48.



**4.2.8. Hasil Neraca Air**

**Tabel 4. 13 Hasil Neraca Air Perumdam Among Tirto Tahun 2022**

<b>INPUT SISTEM</b>  100% 824.257 m <sup>3</sup> Rp 5.357.843.593,97	<b>KONSUMSI RESMI</b>  60,55% 499.069 m <sup>3</sup> Rp 3.244.053.304,49	<b>BEREKENING</b>  60,55% 499.069 m <sup>3</sup> Rp 3.244.053.304,49	<b>BERMETER</b>  60,55% 499.069 m <sup>3</sup> Rp 3.244.053.304,49	<b>ABR</b>  60,55% 499.069 m <sup>3</sup> Rp 3.244.053.304,49	
			<b>TANPA METER</b>  0% 0 m <sup>3</sup> Rp 0		
			<b>TAK BEREKENING</b>  0% 0 m <sup>3</sup> Rp 0		<b>NRW</b>  39,45% 325.188 m <sup>3</sup> Rp 2.113.790.289,48
	<b>KEHILANGAN AIR</b>  39,45% 325.188 m <sup>3</sup> Rp 2.113.790.289,48	<b>NONFISIK</b>  3,25% 26.828,01 m <sup>3</sup> Rp 174.387.698,88	<b>FISIK</b>  36,20% 298.359,99 m <sup>3</sup> Rp 1.939.402.590,5979		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022



### 4.3 Neraca Air WB-EasyCalc

Perangkat lunak atau *software* pembuatan neraca air gratis yang disebut WB-EasyCalc dibuat oleh Liemberger dengan bantuan dari Institut Bank Dunia (WBI). Informasi yang diperlukan, seperti dijelaskan di bawah ini, dapat dimasukkan langsung ke dalam perhitungan NRW:

a. *Margin error*

Derajat kepercayaan terhadap data yang diperoleh digambarkan dengan *margin of error*, yang sering disebut dengan *confidence limit* (CL). Angka akurasi akan tinggi jika data dikumpulkan dengan tepat. Rentang nilai dari kumpulan data akan dihasilkan oleh perhitungan margin kesalahan (kisaran akurasi). Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung *margin of error*:

$$\text{Standar Deviasi (SD)} = \text{Volume (m}^3\text{/tahun)} \times \text{Confidence Limit (CL)} \times 0,5$$

$$\text{Variance (Va)} = (\text{Standar Deviasi})^2 \text{ (m}^3\text{/tahun)}$$

$$\text{Confidence Limit (CL)} = \text{Standar Deviasi} \times 2 / \text{volume}$$

Hasil perhitungan *margin error* dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

**Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan *Margin Error***

Komponen	Volume (m <sup>3</sup> /3 bulan)	Volume (%)	Confidence Limit +/- %	Standar Deviasi	Variance (m <sup>3</sup> /3 bulan)
Volume Input	824.257	100.00	30	123.638,55	15.286,491.046,102
Konsumsi resmi berekening bermeter	499.069	60,55	2	4.990,69	24.906.986,676
Konsumsi resmi berekening tak bermeter	0	0	30	0	0
NRW	325.188	39,45	64	104.060,16	10.828.516.899,226
Konsumsi resmi tak	0	0	50	0	0

berekening					
Kehilangan air	325.188	39,45	64	104.060,16	10.828.516.899,226
Kehilangan air nonfisik	26.828	3,25	2	268,28	71.974,159
Kehilangan air fisik	298.359,99	36,20	79	117.852,196	13.889.140.113,807

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

b. Volume Input Sistem

Volume input sistem diisi dengan 824.257 m<sup>3</sup> air yang akan disalurkan pada tahun 2022.

Volume Input Sistem		
Sumber Air	[m3]	Margin Error [+/- %]
Sumber Banyuning	824,257	30.0%

Gambar 4. 1 Volume Input Sistem WB-EasyCalc

c. Konsumsi Berekening

Terdapat dua tabel, tabel konsumsi bermeter berekening dan tabel konsumsi bermeter tak berekening, pada bagian konsumsi berekening. Jumlah air terjual selama tiga bulan, atau 499.069 m<sup>3</sup>, dimasukkan ke dalam tabel untuk penggunaan meteran yang ditagih. Tidak ada penggunaan tak berekening yang ditagihkan, sehingga tabel pemakaian tak berekening tak berekening tidak perlu diisi.

Konsumsi Bermeter Berekening		Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
Deskripsi	[m3]	Deskripsi	[m3]
Suplai Air Curah (ekspor)		Suplai Air Curah (ekspor)	
Air Terjual	499,069		0

Gambar 4. 2 Konsumsi Berekening WB-EasyCalc

d. Konsumsi Tak Berekening

Ada dua tabel, konsumsi bermeter tak berekening dan konsumsi tak bermeter tak berekening, di bawah bagian konsumsi tak berekening. Tidak ada data konsumsi bermeter yang tidak dapat dijelaskan di Perumdam Kota Batu, sehingga tabel konsumsi bermeter yang tidak berekening kosong. Demikian pula, tidak ada penghapusan data volume, sehingga tabel konsumsi bermeter tak berekening kosong.

Konsumsi Bermeter Tak Berekening		Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening		
Deskripsi	[m3]	Deskripsi	[m3]	Margin Error [+/- %]
Suplai Air Curah (ekspor)	0		-	50.0%
	0		-	

**Gambar 4. 3 Konsumsi Tak Berekening WB-EasyCalc**

e. Konsumsi Tak Resmi

Tiga kategori termasuk dalam "konsumsi tidak resmi", termasuk "sambungan tidak resmi lainnya", "sambungan tidak resmi lainnya", dan "pengurangan meteran, *bypass*, dan lainnya untuk pelanggan resmi". Bagian-bagian ini semua dibiarkan kosong karena menurut pembahasan di atas, semuanya adalah informasi yang hilang.

Deskripsi	Estimasi Jumlah	Margin Error [+/- %]	Jumlah orang per Rumah Tangga	Konsumsi (liter/orang/hari)	Total [m3]
Sambungan tak resmi- rumah tangga				Konsumsi (liter/sambungan/hari)	-
Sambungan tak resmi - lainnya				Konsumsi (liter/pelanggan/hari)	-
Tampering meter, bypass, dll pada pelanggan resmi				Konsumsi (m3/hari)	-
					-
					-
					-
					-
					-
Margin Error [+/-]		0.0%			
Konsumsi Tak Resmi [m3]					
Minimum					-
Maksimum					-
Estimasi Terbaik					-

**Gambar 4. 4 Konsumsi Tak Resmi WB-EasyCalc**

f. Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data

Jenis pengolahan data pada bagian ini harus ditentukan dengan terlebih dahulu mengisi sel J6. Nomor 1 harus diisi dengan menggunakan %KAK, sedangkan nomor 2 harus berisi jumlah kehilangan air nonfisik. Angka 1 yang digunakan dalam investigasi ini yaitu % KAK.

Meter konsumsi (tanpa suplai air curah) pada tabel nomor 1 diisi dengan persentase KAK sebenarnya yaitu 8,25% dengan *margin error* 2% seperti pada tabel 4.14. Pemakaian meteran (tanpa suplai air curah) sudah diisi pada tabel nomor 1, sehingga tidak perlu diisi pada tabel nomor 2. Karena pada tahun 2022 tidak ada pasokan curah di Perumdam Among Tirta, maka pasokan air curah meteran (ekspor) pada tabel nomor 3 tidak perlu diisi.

Tidak ada informasi penggunaan meteran tak berekening di Perumdam Among Tirta pada tahun 2022, sehingga tabel konsumsi meteran tak berekening nomor 4 (tanpa suplai air curah) juga tidak perlu diisi. Karena diperkirakan tidak ada pembacaan meteran air penipuan menggunakan sistem Android di Perumdam Among Tirta, pengisian kolom pembacaan meter pada tabel nomor 5 terisi 0%. Karena sistem penanganan data dihubungkan dengan sistem pembaca meteran, kesalahan penanganan data dianggap tidak ada dan oleh karena itu diisi dengan 0 pada tabel terakhir untuk kantor.

Deskripsi	Total [m3]	Pencatatan Meter Lebih Rendah (meter under-registration)	Total [m3]	Margin Error [+/- %]
Angka 1 untuk menggunakan % keseluruhan meter yang mencatat lebih rendah atau 2 untuk memasukkan volume meter yang mencatat lebih rendah secara manual atau meter yang berbeda atau jenis pelanggan			1	
1 Konsumsi Bermeter Berekening (tanpa Suplai Air Curah)	499,069	8.4%	45,469	2%
2 Konsumsi Bermeter Berekening (tanpa Suplai Air Curah)	Total [m3]	Pencatatan Meter Lebih Rendah (meter under-registration)		
	-	0.0%	-	0%

Gambar 4. 5 Konsumsi Tak Resmi WB-EasyCalc (1)



Pipa Dinas		
Deskripsi	Jumlah	Margin Error [+/- %]
Jumlah Pelanggan (aktif)		
Jumlah Sambungan Pelanggan Terdaftar Catatan: angka ini biasanya lebih kecil daripada jumlah pelanggan		
Jumlah pelanggan yang tidak aktif dengan pipa dinas yang ada		
Estimasi Jumlah Sambungan Ilegal	0	0.0%
Margin Error [+/-]		0%

**Gambar 4. 8 Data Jaringan, Tekanan, dan Suplai *Intermittent* WB-EasyCalc (2)**

h. Informasi Keuangan

Satu-satunya tarif yang tercantum dalam informasi keuangan adalah tarif rata-rata, yaitu 6.500,21 rupiah. (Rp). Kolom biaya produksi dan distribusi tidak perlu diisi karena bukan merupakan bagian dari neraca air.

Informasi Keuangan		
	per m3	Mata Uang
Tarif Rata-rata	6,500.21	Rp
Biaya Produksi dan Distribusi		Rp

**Gambar 4. 9 Informasi Keuangan WB-EasyCalc**

Hasil neraca air WB-EasyCalc ditunjukkan pada **Gambar 4.10** berikut.

Neraca Air dalam m3/tahun				
<b>Volume Input Sistem</b> 3,342,820 m3/tahun Margin Error [+/-] 30.0%	<b>Konsumsi Resmi</b> 2,024,002 m3/tahun Margin Error [+/-] 0.0%	<b>Konsumsi Resmi Berekening</b> 2,024,002 m3/tahun	<b>Konsumsi Bermeter Berekening</b> 2,024,002 m3/tahun	<b>Air Berekening</b> 2,024,002 m3/tahun
			<b>Konsumsi Tak Bermeter Berekening</b> 0 m3/tahun	
		<b>Konsumsi Resmi Tak Berekening</b> 0 m3/tahun Margin Error [+/-] 0.0%	<b>Konsumsi Bermeter Tak Berekening</b> 0 m3/tahun	<b>Air Tak Berekening</b> 1,318,818 m3/tahun Margin Error [+/-] 76.0%
		<b>Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening</b> 0 m3/tahun Margin Error [+/-] 0.0%		
	<b>Kehilangan Air</b> 1,318,818 m3/tahun Margin Error [+/-] 76.0%	<b>Kehilangan Air Non-Fisik</b> 184,402 m3/tahun Margin Error [+/-] 2.0%	<b>Konsumsi Tak Resmi</b> 0 m3/tahun Margin Error [+/-] 0.0%	
			<b>Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data</b> 184,402 m3/tahun Margin Error [+/-] 2.0%	
		<b>Kehilangan Air Fisik</b> 1,134,416 m3/tahun Margin Error [+/-] 88.4%		

Gambar 4. 10 Neraca Air WB-EasyCalc

#### 4.4 Cara Pengendalian Kehilangan Air Nonfisik

Kinerja PDAM ditunjukkan dengan kehilangan air. 20% adalah target kehilangan air nasional. Perumdam Tirta mengalami total kehilangan air sebesar 39,45%, dimana 33,93% merupakan kehilangan air fisik dan 5,52% merupakan kehilangan air nonfisik. Tingkat kehilangan air harus diturunkan sebesar 19,45% untuk mencapai target kehilangan air nasional.

Berikut adalah beberapa strategi untuk mencegah kehilangan air nonfisik. berdasarkan DPSPAM (2017):

1. Penanganan Pencurian Air
  - a. Meter air dengan volume 0 m<sup>3</sup> dan meter air dengan penggunaan kurang dari 10 m<sup>3</sup> disurvei setiap bulan untuk memeriksa konsumsi ilegal, yaitu konsumsi air yang tidak melalui meteran air pelanggan.
  - b. Sambungan liar, seperti pengambilan air yang tidak dilaporkan dari pelanggan lama atau tidak aktif yang sering ditemukan selama survei *door-to-door*, terutama untuk mantan pelanggan tersebut (tutup permanen atau sementara).
2. Penanganan Kesalahan Administrasi
  - a. Audit teknis digunakan untuk mengumpulkan data, seperti kesalahan pembacaan meter air, salah ketik nomor meter air, dan jaringan komunikasi pembaca meter dengan sistem *billing*.
  - b. Manipulasi data melalui pemeriksaan *billing system*.
3. Penanganan Kesalahan Meter Air
  - a. Hal ini dilakukan dengan melakukan kalibrasi ulang secara rutin pada meteran air setiap tiga tahun sebagai hasil dari praktik meteran air.
  - b. Dilakukan survei ke rumah pelanggan karena meteran air tidak terpasang dengan benar.
  - c. Hal ini dapat dilakukan dengan cara:
    - i. Mengganti atau memindahkan meter air yang menghalangi pembacaan secara fisik.
    - ii. Menggunakan sistem pembacaan meteran yang benar.



iii. Mencegah pembacaan meteran yang terlalu tinggi.

Menurut hasil analisis neraca air, salah satu faktor yang berkontribusi terhadap kehilangan air nonfisik adalah keakuratan data distribusi dan air terjual. Berikut beberapa upaya kehilangan air nonfisik yang telah dilakukan oleh Perumdam Among Tirta:

1. *Rolling* atau pergantian pembaca meteran sehingga dapat mengidentifikasi pembacaan meteran air dan ketidakakuratan pengukuran sehingga tidak ada manipulasi data.
2. Periksa dan konfirmasi hasil pembacaan meteran petugas untuk menentukan apakah meteran air dipasang terbalik jika pembacaan menurun.
3. Melakukan kalibrasi meteran air klien atau tera meter air secara acak dan menanggapi keluhan dari konsumen tentang meteran airnya sehingga dapat ditemukan kerusakan meteran air.
4. Untuk mengurangi kesalahan dan pengolahan pembacaan meter air dilakukan pembacaan meter menggunakan aplikasi Android yang berisi gambar meter air pelanggan dan lokasi pengukuran.

Pada Tabel 4.15, strategi pencegahan kehilangan air nonfisik diilustrasikan secara singkat.

**Tabel 4. 15 Pengendalian Kehilangan Air Nonfisik**

Penyebab	Cara Pengendalian
Terjadi kesalahan saat mengambil data pembacaan meter	Menggunakan sistem pembacaan meter yang sesuai, rotasi petugas pembacaan meter, dan audit teknis
Memmanipulasi data	Menggunakan sistem pembacaan meter yang memadai, personel pembacaan meter bergulir, pengecekan ulang data dari pembacaan meter, dan audit sistem penagihan
Akurasi meter air	Tera meter air pelanggan
Kesalahan pemasangan meter air	Analisis dan verifikasi hasil pembacaan meter air pelanggan, survei ke pelanggan
Pencatatan meter air	Penggantian meter air yang rusak sehingga menghambat pembacaan
Ketidakakuratan data	Menggunakan alat ukur yang sesuai (menggunakan meter induk untuk menghitung volume input air)

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Karena kehilangan air nonfisik hanya sebesar 5,52% dari total kehilangan air, hal ini tidak cukup untuk memenuhi target penurunan kehilangan air di Perumdam Among Tirto sebesar 19,45%. Selain itu, tidak mungkin untuk sepenuhnya menghilangkan kehilangan air nonfisik, sehingga harus dilakukan upaya untuk meminimalkan kehilangan air secara fisik.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelusuran dan pembahasan kehilangan air nonfisik di Perumdam Among Tirta tahun 2022, dapat disimpulkan:

1. Perhitungan neraca air menghasilkan laju kehilangan air sebesar 1.318.818 m<sup>3</sup>/tahun atau 39,45% dari volume input ke dalam sistem, dengan kerugian sebesar Rp 295.558.048,49 setiap periode tiga bulan pada tahun 2022, mulai September 2022 hingga November 2022 Laju kehilangan air fisik sebesar 1.134.416 m<sup>3</sup>/tahun (33,93%) dengan kehilangan sebesar Rp 7.373.942.227,36 dan laju kehilangan air nonfisik sebesar 184.402 m<sup>3</sup>/tahun (5,52%) dengan kehilangan sebesar Rp 1.198.651.724,42 yang diterima oleh Perumdam Among Tirta Kota Batu Kecamatan Batu.
2. Hasil perumusan neraca air Perumdam Among Tirta Kota Batu didapatkan Volume Input yaitu sebesar 3.342.820 m<sup>3</sup>/tahun, Konsumsi Resmi sebesar 2.024.002 m<sup>3</sup>/tahun, dan Kehilangan Air sebesar 1.318.818 m<sup>3</sup>/tahun dengan air yang berekening atau terjual dalam persen sebesar 60,55% dan air tak berekening atau kehilangan air sebesar 39,45%.
3. Kehilangan air fisik di Tirta sebesar 33,93%, dan kehilangan air nonfisik sebesar 5,52%. Tingkat kehilangan air nasional harus diturunkan sebesar 19,45% untuk mencapai target kehilangan air nasional. Untuk memenuhi tujuan kehilangan air nasional, pengendalian kehilangan air nonfisik dapat dilakukan dengan mengukur meter air pelanggan secara berkala, mengganti meter air yang rusak atau rusak, dan memasang meter induk di setiap sumber.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil analisis tingkat kehilangan air yang telah dilakukan dapat diberikan saran berupa:

1. Membentuk tim untuk mengurangi kehilangan air yang melakukan kunjungan lapangan berulang-ulang yang terdiri dari pengumpul informasi jumlah dan lokasi meter air yang rusak, dan penindaklanjut meter air yang rusak, serta pengecek meter air ke rumah pelanggan secara berkala untuk mengurangi ketidakakuratan meter air pelanggan. Hal ini sebagai upaya untuk pengendalian kehilangan air nonfisik.
2. Perlu dilakukan kalibrasi ulang secara berkala untuk menjaga keakuratan meteran air pelanggan di Perumdam Among Tirto Kota Batu Kecamatan Batu.
3. Pemasangan meter induk di setiap zona, salah satunya sumber Banyuning dan Gemulo dengan output air terbesar masing-masing 230 liter per detik dan 98 liter per detik untuk mengetahui dengan tepat jumlah input air yang diproduksi.
4. Tersedianya data sekunder seperti jumlah air yang konsumsi tak resmi, kebocoran pipa transmisi dan distribusi, reservoir atau bak penampungan, serta dalam pipa layanan ke meter air pelanggan untuk menyusun neraca air tahunan yang akurat.
5. Saran penelitian lebih lanjut dapat menghitung volume input sistem. Penyesuaian dilakukan dengan menggunakan informasi dari meter air induk dan perlu untuk penelitian tentang kehilangan air fisik untuk meningkatkan keakuratan data yang diperoleh dan memungkinkan pemenuhan penuh neraca air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bulushi, M., M., Al-Sulti, M. M., Abushammala, M. F. M. (2018). *Investigation of Water Losses in Water Supply System: Muscat as a Case Study*. *MATEC Web of Conferences*, 276, 04004.
- AL Washali, T., Sharma, S., Lupoja, R., AL-Nozaily, F., Haidera, M., & Kennedy, M. (2020). *Assessment of Water Losses in Distribution Networks: Methods, Applications, Uncertainties, and Implications in Intermittent Supply*. *Resources, Conservation & Recycling*, 152, 104515.
- Aniza, Ria. 2015. *Studi Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Sidoarjo Cabang Waru I)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rinneka Cipta.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Kota Batu Dalam Angka*.
- Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (DPSPAM) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Modul Air Tak Berekening Tahun 2018*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum. (1996). *Kriteria Perencanaan Air Bersih*.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum. (2004). *Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air*.
- Dexametasoni. (2020). *Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Tirtanadi Cabang Padangsimpuan dengan Menggunakan EPANET 2.0*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., Istandar, A., & Singh, S. (2008). *The Managers Non Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses*. USAID
- Fatimah, Sri Meutia & Astika, Suri. (2019). *Analisis Kehilangan Air dengan Metode Neraca Air dan Infrastructure Leakage Index pada PDAM Tirta Tamiang*. *Jurnal Teknik Industri* ISSN: 2338 7122.
- Imsawan el-Ahmady, I & Sembiring, E. (2014). *Pemilihan Program Pengendalian Kehilangan Air serta Pengaruh Implementasinya terhadap*

- Peningkatan Pendapatan PDAM*. Jurnal Teknik Lingkungan, 20 (2), 142-151.
- Jannah, Ika Roichatul. (2020). *Studi Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Maja Tirta Kota Mojokerto)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kamala, A. & Rao, D.K., (1988). *Environmental Engineering: Water Supply, Sanitary Engineering and Pollution*. McGraw-Hill.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Modul Non Revenue Water (NRW) Buku 2 Tahun 2015*.
- Kementerian Pekerjaan Umum Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. (2014). *Pedoman Pengenalan SPAM*.
- Nelson, Cindy Veronica. (2021). *Analisis Tingkat Kehilangan Air PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh pada Zona 1 dengan Metode Infrastructure Leakage Index (ILI)*. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Mohammadi, A., Rizi, A. P., & Abbasi, N. (2019). *Field Measurement and Analysis of Water Losses at the Main and Tertiary Levels of Irrigation Canals: Varamin Irrigation Scheme, Iran*. Global Ecology and Conservation, 18 e00646.
- Nugraha, Iftikar Rizkia. (2017). *Evaluasi Sistem Distribusi Air Minum PDAM Tirta Kerta Raharja Cabang Teluknaga Kabupaten Tangerang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ociepa, E., Mrowiec, M., & Deska, I. (2019). *Analysis of Water Losses and Assessment of Initiatives Aimed at Their Reduction in Selected Water Supply Systems*. *Water*, 11(5), 1037.
- Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. (2007). Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Nomor 18/PRT/M/2007.
- Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 70/M-DAG/PER/10/2014 Tentang Alat-alat Ukur, Takar, Timbang, dan Perlengkapannya.
- Perumdam Kota Batu. (2019). *Buku Laporan Perumdam Kota Batu 2019*.
- Perumdam Kota Batu. (2021). *Buku Laporan Perumdam Kota Batu 2021*.



- Puspitasari, Iis & Purnomo, Alfian. (2017). *Studi Kehilangan Air Komersial (Studi Kasus: PDAM Kota Kendari Cabang Polhara)*. Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2, ISSN: 2337 – 2539.
- Rofika, Nasta, Loufraxarahma T. Nazar, and Eddy S. Soedjono. 2012. *Studi Keandalan Meter Air*. Scientific Conference of Environmental Technology IX – 2012.
- Saparina, Widy. (2017). *Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sari, Andi Kartini. (2019). *Studi Kehilangan Air PDAM Tirta Bukae Luwu Utara (Studi Kasus Kec. Masamba) Tahun 2017 – 2018*. Dynamic Saint Jilid IV, No. 1.
- Septiarini, Anjarsari. (2018). *Komersialisasi Air Menurut Hukum Islam*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Susana, Tjutju. (2003). *Air sebagai Sumber Kehidupan*. Jurnal Oseana, Volume XXVIII, Nomor 3, ISSN 0216-1877.
- Syarif, Muhammad Nawa & Ridwan, Abrar. (2020). *Studi Kasus Penurunan Kehilangan Air pada Sistem Distribusi Air PDAM di DMA Pondok Mutiara Payung Sekaki dengan Metode Steptest*. Jurnal Surya Teknik Vol. 7 No. 1 130-134.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air*. (2004).
- Yekti, M. I., Norken, I. N., & Wentiari, N. P. R. (2019). *Non-Revenue Water (NRW) and Its Handling for a Drinking Water Supply System in Kedewatan Zone Gianyar Bali*. MATEC Web of Conferences, 276, 04004.
- Yekti, M. I., Pratama, I. B. G. P., & Purbawijaya, I. B. N. (2019). *Mitigasi Non Revenue Water (NRW) Sistem Jaringan Distribusi pada District Meter Area (DMA) Zona Kota Blahbatuh PDAM Gianyar*. Media Komunikasi Teknik Sipil, Volume 25, No. 2, 180 – 190.