

PENGENDALIAN KEHILANGAN AIR DI ZONA BSBG PT. AIR MINUM BANDARMASIH KOTA BANJARMASIN

Ivany Cicilia Marthin ¹⁾, Dian Suci Hastuti ²⁾, Ferry A. Kurnia ³⁾, Eddy S. Soedjono ⁴⁾

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh

Nopember, Surabaya, Indonesia ^{1,4)}

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, Indonesia ²⁾

PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda), Banjarmasin, Indonesia ³⁾

Corresponding Author:

ivanycicilia94@gmail.com ¹⁾, soedjono@enviro.its.ac.id ⁴⁾

Abstrak

PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda) merupakan penyelenggara sistem penyediaan air minum di Kota Banjarmasin yang berkinerja sehat. Salah satu kategori yang dinilai adalah tingkat Air Tak Berekoning (ATR) sebesar 29,04% yang mengakibatkan potensi kehilangan pendapatan perusahaan sebesar 137 milyar/tahun. Zona Banjarmasin Selatan layanan Booster Gerilya (BSBG) merupakan wilayah pelayanan terluas dengan jumlah pelanggan aktif sebanyak 20.003 sambungan rumah. Tingkat ATR Zona BSBG pada bulan Mei tahun 2023 mencapai 46,26% atau sebanyak 252.644,49 m³/bulan air yang tak berekening, dan berkontribusi 5% terhadap tingkat ATR keseluruhan sistem. Tingkat ATR saat ini belum memenuhi target RPJMN 2020 – 2024 yaitu 25% sehingga perlu dilakukan pengendalian kehilangan air. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif secara kuantitatif dan kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Analisis yang dilakukan yaitu analisis kondisi eksisting dan alternatif penurunan kehilangan air menggunakan pemodelan EPANET 2.2. Hasil penelitian menunjukkan tingkat ATR terbesar berada pada kehilangan air fisik yang mencapai 44,02% atau sebanyak 240.404 m³/bulan dengan sebagian besar pelanggan memiliki tekanan minimum kurang dari 5 meter. Alternatif yang diberikan yaitu melakukan pembentukan *District Meter Area* (DMA), optimalisasi jaringan perpipaan, pengendalian kebocoran aktif, dan manajemen tekanan dengan volume air yang terselamatkan sebanyak 128.196 m³/bulan. Besarnya tingkat kehilangan air fisik yang dapat diturunkan sebesar 23,47%.

Kata Kunci: Air Tak Berekoning, Kehilangan Air Fisik, *District Meter Area*, PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda)

Abstract

PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda) is the organizer of the drinking water supply system in Banjarmasin City which is performing healthily. One of the categories assessed is the Non Revenue Water (NRW) level of 29,04% which results in a potential loss of company revenue of 137 billion/year. Zone of Banjarmasin Selatan of Booster Gerilya (BSBG) is the largest service area with 20,003 active customers. The BSBG Zone ATR level in May 2023 reached 46.26% or 252,644.49 m³/month of non revenue water, and contributed 5% to the overall system ATR level. The current ATR level does not meet the target of RPJMN 2020 – 2024 is 25%, so it is necessary to control water loss. The research method used is a quantitative and qualitative descriptive method with a case study approach. The analysis carried out was an analysis of existing conditions and alternatives for reducing water loss

History:

Received : 25 November 2023

Revised : 10 Januari 2024

Accepted: 29 Februari 2024

Published: 1 Maret 2024

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



using EPANET 2.2 modeling. The research results showed that the largest ATR level was physical water loss which reached 44.02% or 240,404 m³/month with the majority of customers having a minimum pressure of less than 5 meters. The alternatives provided are establishing a District Meter Area (DMA), optimizing the pipe network, active leak control, and pressure management with a saved water volume of 128,196 m³/month. The level of physical water loss that can be reduced is 23.47%.

Keywords: *Non Revenue Water, Physical Water Loss, District Meter Area, PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda)*

PENDAHULUAN

Kehilangan air merupakan salah satu komponen dari Air Tak Berekening (ATR) dan menjadi masalah utama dalam Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), baik yang ada di Indonesia maupun di seluruh dunia (Suryawan, 2019). Permasalahan ini juga dialami oleh PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda) selaku penyelenggara sistem penyediaan air minum di Kota Banjarmasin dengan tingkat ATR sebesar 29,04% (PUPR, 2022) yang mengakibatkan adanya potensi kehilangan pendapatan perusahaan sebesar Rp. 137 milyar/tahun. Nilai tersebut lebih tinggi dari batas toleransi kehilangan air yang diperbolehkan yaitu 20%, dan menunjukkan belum tercapainya target RPJMN 2020 – 2024 yaitu ATR sebesar 25% pada tahun 2024.

Tingginya tingkat ATR tidak hanya mengakibatkan kerugian bagi perusahaan penyelenggara sistem penyediaan air minum, namun juga masyarakat sebagai konsumen (PUPR, 2018). Tingkat ATR di PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda) bulan Mei tahun 2023 sebesar 29,90%, yang terdiri dari konsumsi resmi tak berekening 0,45%, kehilangan air non fisik 8,07%, dan kehilangan air fisik 21,38%. Batas nilai toleransi kehilangan air fisik menurut program *Centre of Excellent* (COE) adalah 10%. Jika dibandingkan dengan nilai kehilangan air di bulan Mei tahun 2023, maka diperoleh nilai kehilangan air fisik melebihi standar kehilangan yang diperbolehkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya penurunan kehilangan air secara fisik.

Kehilangan air secara fisik disebabkan oleh kebocoran pipa, jaringan pipa yang sudah tua (Pradypna dkk., 2019), dan dipengaruhi oleh besarnya tekanan yang melalui pipa dalam suatu DMA. Penurunan kehilangan air dapat dilakukan dengan tahapan, yaitu membentuk DMA, memantau neraca air, menghitung ATR setiap DMA dan menentukan DMA prioritas untuk penurunan tingkat ATR (Al-Hanif dan Rezagama, 2016). Pemantauan aliran ke dalam zona-zona atau kawasan bermeter (DMA) merupakan cara untuk menentukan indikasi awal lokasi kebocoran. Semakin cepat operator menganalisis data aliran DMA, semakin cepat semburan atau kebocoran dapat diketahui lokasinya dan dilakukan upaya perbaikan sehingga meminimalisir volume air yang hilang (Farley et al., 2008). Identifikasi dan perbaikan kebocoran pada area yang tidak dilaporkan dapat dilakukan secara optimal apabila menggunakan analisa Aliran Malam Minimum (AMM) skala DMA dibanding terhadap keseluruhan sistem (Al-Washali et al., 2020).

Pembentukan DMA di Zona BSBG telah mencapai 46% dengan tingkat ATR di 6 (enam) DMA sebesar 16,37%, dan tingkat ATR pada wilayah non DMA di Zona BSBG sebesar 29,89%. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merumuskan strategi untuk mereduksi kehilangan air di Zona BSBG.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda), Kota Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan, khususnya pada Zona Banjarmasin Selatan layanan Booster Gerilya (BSBG). Penelitian dilakukan pada bulan Februari – November 2023. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode deskriptif secara kuantitatif dan kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data yang digunakan terdiri dari data primer berupa data debit aliran dan tekanan, dan data sekunder berupa kinerja BUMD Air Minum 2022, neraca air, peta jaringan distribusi, wilayah pelayanan, data pelanggan dan daftar rekening ditagihkan (DRD). Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengambilan data debit aliran dan tekanan yang tercatat di Data Logger Booster Gerilya selama 7 (tujuh) hari yaitu tanggal 14 – 20 Mei 2023. Sedangkan, pengumpulan data sekunder dilakukan melalui kajian literatur.

Jenis analisis yang digunakan yaitu kuantitatif dan kualitatif yaitu menggunakan perhitungan dan penjelasan terkait fenomena yang terjadi (Ramdhan, 2021). Pendekatan studi kasus dilakukan dengan menggambarkan kondisi eksisting wilayah pelayanan. Gambaran yang diberikan berupa kondisi tingkat kehilangan air menggunakan *software WB Easy-Calc version 6.12*, jaringan pipa distribusi eksisting dan strategi pengendalian kehilangan air melalui pemodelan QGIS (*plug-in* QEPANET) dan EPANET 2.2.

Pemodelan jaringan perpipaan eksisting menggunakan *software* QGIS yaitu *plug-in* QEPANET untuk menggambarkan reservoir dan jaringan pipa berupa *node/junction* dan *link*, serta memasukkan *base demand* pada tiap *node*. Selanjutnya, proses analisis jaringan pipa dilakukan dengan menggunakan *software* EPANET 2.2 untuk memasukkan *demand multiplier*, *demand pattern*, pompa, kurva pompa, dan *speed pattern* pompa. Langkah-langkah pemodelan jaringan pipa eksisting, yaitu : pemodelan jaringan pipa, penginputan *base demand*, penginputan *demand multiplier*, penginputan *demand pattern*, pengaturan pompa, dan simulasi hidrolis jaringan pipa eksisting menggunakan EPANET 2.2. Hasil yang diperoleh berupa data jaringan titik (*network nodes*) yaitu *demand*, *head*, dan *pressure*; dan data jaringan garis (*network links*) berupa *flow*, *velocity*, dan *unit headloss*. Hasil simulasi diharapkan memenuhi kondisi ideal yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016 yaitu tekanan minimum 5 – 10 meter di pelanggan terjauh dan titik kritis, serta *unit headloss* kurang dari 10 m/km.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Neraca air digunakan untuk menilai kondisi kehilangan air dalam satu sistem distribusi air minum dan menjadi *benchmarking*, serta penentu dalam penilaian strategi pengendalian kehilangan air. Data masukan yang digunakan dalam neraca air terdiri dari komponen volume air distribusi, air berekening, konsumsi tak bermeter tak berekening, konsumsi tak resmi, serta ketidakakuratan meter dan penanganan data. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 1. Kehilangan air fisik merupakan kehilangan terbesar yaitu 44,02% atau sebanyak 240.404 m³/bulan air yang hilang.

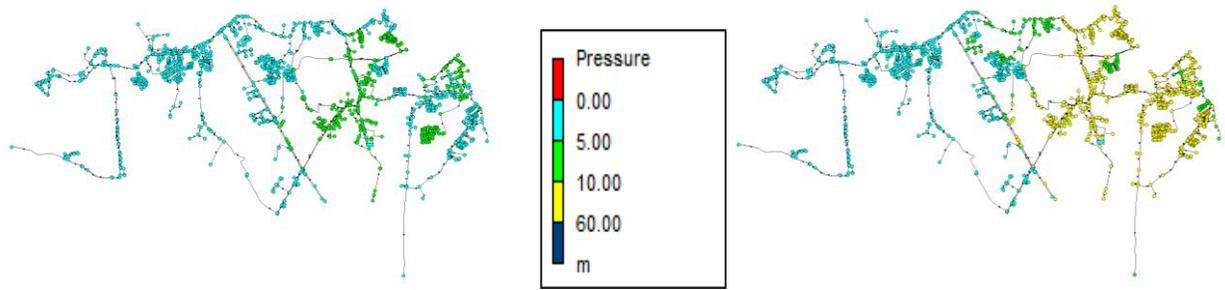
Gambar 1. Neraca Air Zona BSBG Bulan Mei Tahun 2023

| | | | | | |
|---|--|--|--|---|--|
| Volume Input Sistem 546.098 m ³ Margin Error (+/-) 0,3% | Konsumsi Resmi 303.800 m ³ Margin Error (+/-) 0,3% | Konsumsi Resmi Berekening 293.454 m ³ | Konsumsi Bermeter Berekening 293.454 m ³ | Air Berekening 293.454 m ³ | |
| | | Konsumsi Resmi Tak Berekening 9.346 m ³ Margin Error (+/-) 15,5% | Konsumsi Tak Bermeter Berekening 0 m ³ | | |
| | Kehilangan Air 243.298 m ³ Margin Error (+/-) 1,3% | Kehilangan Air Non-Fisik 2.894 m ³ Margin Error (+/-) 0,0% | Konsumsi Bermeter Tak Berekening 0 m ³ | Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 9.346 m ³ Margin Error (+/-) 15,5% | Air Tak Berekening 252.644 m ³ Margin Error (+/-) 1,1% |
| | | | Konsumsi Tak Resmi 0 m ³ Margin Error (+/-) 0,0% | Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 2.894 m ³ Margin Error (+/-) 0,0% | |
| | | Kehilangan Air Fisik 240.404 m ³ Margin Error (+/-) 1,3% | | | |

Kondisi eksisting di Zona BSBG menunjukkan terdapat 2 (dua) pola pemakaian air yaitu pada pukul 23.00 – 05.00 Wita dengan debit rata-rata 157,77 L/det dan tekanan rata-rata 13,55 meter, dan pukul 06.00 – 22.00 Wita dengan debit rata-rata 263,81 L/det dan tekanan rata-rata 31,62 meter. Hasil simulasi hidrolis jaringan pipa eksisting pada jam minimum pukul 00.00 Wita (Gambar 2(a)) menunjukkan interval tekanan 0,14 – 13,13 meter dengan jumlah *node* yang memenuhi standar tekanan minimum sebanyak 471 dari 1.712 *node* atau hanya 27,51% yang memenuhi standar. Sedangkan, pada jam puncak yaitu pukul 06.00 Wita (Gambar 2(b)), interval tekanan -0,13 – 35,67 meter dengan jumlah *node* yang memenuhi standar tekanan minimum sebanyak 1.002 dari 1.712 *node* atau sebanyak 58,53% yang memenuhi standar. *Unit headloss* menggambarkan besarnya energi yang hilang akibat gesekan pipa. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terdapat 2 (dua) ruas pipa yang tidak memenuhi standar *unit headloss* di jam minimum (pukul 00.00 Wita) dan 30 ruas pipa yang tidak memenuhi standar *unit headloss* di jam puncak (pukul 06.00 Wita).

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan pengendalian kehilangan air melalui tahapan pembentukan DMA prioritas (tahap 1), optimalisasi jaringan perpipaan (tahap 2), manajemen tekanan (tahap 3), dan pengendalian kebocoran aktif (tahap 4). Pembentukan DMA dilakukan pada 2 (dua) DMA prioritas yang dipilih berdasarkan skoring jumlah tertimbang dengan kriteria penilaian berdasarkan tekanan, kehilangan air, panjang pipa, kelompok pelanggan, dan luas wilayah. Kondisi eksisting tiap kriteria pemilihan DMA ditunjukkan pada Tabel 1.

Gambar 2. Simulasi Hidrolis Kondisi Eksisting : (a) Jam Minimum (00.00 Wita), (b) Jam Puncak (06.00 Wita)



Tabel 1. Identifikasi Kondisi Eksisting

| No. | Rencana DMA | Tekanan (meter) | Kehilangan Air (%) | Panjang Pipa (meter) | Pelanggan (SR) | Luas Wilayah (m ²) |
|-----|-------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | 218A | 17,97 | - | 10.647,84 | 1.928 | 560.579 |
| 2 | 218B | 16,69 | - | 24.768,34 | 2.579 | 2.648.913 |
| 3 | 230 | 8,75 | - | 18.736,11 | 2.806 | 2.459.600 |
| 4 | 231 | 11,75 | - | 5.443,13 | 1.340 | 932.765 |
| 5 | 232 | 20,81 | - | 15.079,53 | 1.730 | 1.497.956 |
| 6 | 234 | 19,31 | - | 18.458,15 | 906 | 3.190.179 |
| 7 | 233 | 23,76 | - | 18.439,66 | 1.359 | 5.180.827 |

Nilai kehilangan air masing-masing DMA belum diketahui, sehingga dalam penilaian dan pembobotan menggunakan kehilangan air pada Zona BSBG. Rentang nilai dan bobot pada masing-masing kriteria mengacu kepada penelitian terdahulu yaitu Santi, dkk (2023) dan Hanifa (2021). Hasil penilaian dan pembobotan terhadap rencana DMA prioritas ditunjukkan pada Tabel 2.

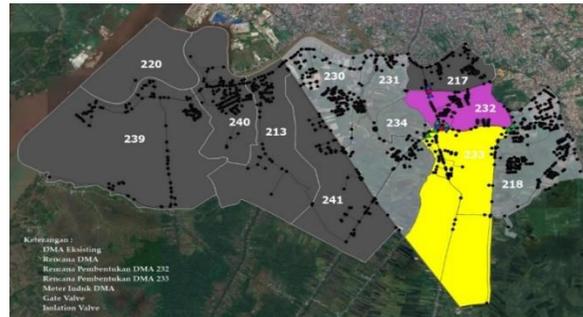
Tabel 2. Penilaian Rencana DMA Prioritas

| No. | Rencana DMA | Tekanan | | Kehilangan Air | | Panjang Pipa | | Pelanggan | | Luas Wilayah | | Skor |
|-----|-------------|---------|-------|----------------|-------|--------------|-------|-----------|-------|--------------|-------|-------|
| | | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | |
| (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) | (j) | (k) | (l) | (m) |
| 1 | 218A | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 2 | | 2,574 |
| 2 | 218B | 2 | | 3 | | 2 | | 3 | | 1 | | 2,374 |
| 3 | 230 | 1 | 0,373 | 3 | 0,368 | 3 | 0,147 | 3 | 0,059 | 1 | 0,053 | 2,374 |
| 4 | 231 | 1 | | 3 | | 3 | | 2 | | 2 | | 2,515 |

| No. | Rencana DMA | Tekanan | | Kehilangan Air | | Panjang Pipa | | Pelanggan | | Luas Wilayah | | Skor |
|-----|-------------|---------|-------|----------------|-------|--------------|-------|-----------|-------|--------------|-------|-------|
| | | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | Nilai | Bobot | |
| (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) | (j) | (k) | (l) | (m) |
| 5 | 232 | 3 | | 3 | | 2 | | 3 | | 1 | | 2,747 |
| 6 | 234* | 3 | | 3 | | 2 | | 2 | | 1 | | 2,315 |
| 7 | 233* | 3 | | 3 | | 2 | | 2 | | 1 | | 2,688 |

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa DMA 232 dan DMA 233 merupakan 2 (dua) DMA dengan skor tertinggi dan menjadi DMA prioritas. Desain pembentukan DMA dilakukan dengan cara menentukan inlet DMA untuk dilakukan pemasangan meter induk dan *gate valve*, serta *isolation valve* dengan hasil pembentukan DMA seperti pada Gambar 3.

Gambar 3. Pembentukan DMA 232 dan DMA 233



Hasil simulasi pemodelan EPANET tahap 1 menunjukkan sebagian besar daerah pelayanan belum memenuhi standar tekanan minimum di pelanggan terjauh, dan terdapat 4,15% *node* mengalami tekanan negatif. Pada jam pemakaian minimum (00.00 Wita) sebanyak 58,1% atau 1.037 *node* dengan tekanan kurang dari 5 meter. Sedangkan, pada jam pemakaian puncak (06.00 Wita) terdapat 42% atau 752 *node* yang tidak memenuhi standar tekanan minimum. *Unit headloss* juga belum memenuhi standar maksimum 10 m/km, sehingga perlu dilakukan optimalisasi jaringan perpipaan (tahap 2) dengan memasang pipa secara paralel dan mengganti ukuran pipa menjadi lebih besar pada ruas pipa dengan *unit headloss* lebih besar dari 10 m/km.

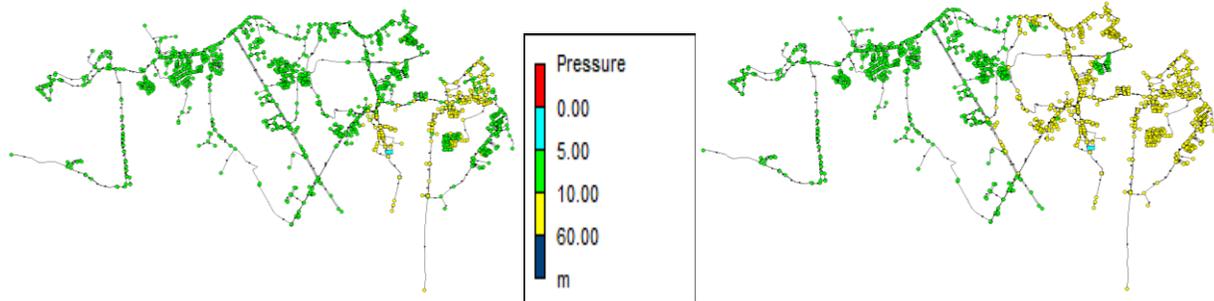
Hasil simulasi pemodelan EPANET tahap 2 menunjukkan masih terdapat 1 (satu) *node* dengan tekanan 4,76 meter di jam pemakaian minimum, sehingga perlu dilakukan manajemen tekanan (tahap 3) dengan cara menyesuaikan *speed pattern* pompa agar standar tekanan minimum terpenuhi. *Unit headloss* pada simulasi pemodelan tahap 2 telah memenuhi standar yaitu dibawah 10 m/km. Selanjutnya, pengendalian kebocoran aktif (tahap 4) diterapkan di 2 (dua) DMA yang telah dibentuk pada tahap 1 dengan besarnya penurunan kehilangan air fisik diasumsikan berdasarkan rata-rata dari pendekatan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sya'bani (2016), Nugroho (2021),

dan Hidayat (2022). Potensi penurunan kehilangan air di Zona BSBG dengan menerapkan pengendalian kebocoran aktif di DMA 232 dan DMA 233 sebesar 5,31%.

Pengendalian kebocoran aktif dan penyesuaian *speed pattern* pompa (tahap 4) menghasilkan pemodelan EPANET yang memenuhi standar tekanan minimum di pelanggan dengan interval 5,18 – 13,64 meter pada jam minimum, dan 5,15 – 25,1 meter pada jam puncak, serta *unit headloss* kurang dari 10 m/km seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 (a) dan Gambar 4 (b).

Potensi jumlah air yang diselamatkan diperoleh melalui selisih antara debit distribusi kondisi eksisting dengan debit distribusi setelah penerapan tahap 4. Perhitungan debit distribusi tahap 4 dihitung menggunakan metode *Fixed and Variable Area Discharge* (FAVAD) (Thornton et.al., 2008). Jumlah air yang diselamatkan sebanyak 128.196 m³/bulan.

Gambar 4. Simulasi Tahap 4 : (a) Jam Minimum (00.00 Wita), (b) Jam Puncak (06.00 Wita)



B. Pembahasan

Batas toleransi kehilangan air menurut *Centre of Excellence* (COE) yaitu 20% dengan kehilangan air fisik sebesar 10%. Namun, kondisi eksisting Zona BSBG menunjukkan bahwa tingkat ATR sebesar 44,26% yang terdiri dari 1,71% konsumsi resmi tak berekening, 0,53% kehilangan air non fisik, dan 44,02% kehilangan air fisik. Besarnya kehilangan air fisik di Zona BSBG melebihi batas toleransi sebesar 34,02% yang dapat disebabkan oleh kebocoran pipa distribusi, kebocoran pada *joint* dan *gate valve*, kebocoran aksesoris atau pipa dinas, kebocoran pada sambungan pipa dinas dan sebelum pipa persil.

Banyaknya air yang hilang tergantung pada karakteristik jaringan pipa, serta strategi deteksi kebocoran dan perbaikan infrastruktur yang meliputi : tekanan di jaringan pipa; frekuensi dan laju aliran, serta kejadian pipa pecah; proporsi dari kebocoran baru yang dilaporkan; waktu yang dibutuhkan sejak kebocoran terjadi sampai selesai perbaikan; tingkat kebocoran kecil yang tidak dapat terdeteksi (*background leakage*) (Winarni, 2012). Hasil simulasi pemodelan EPANET pada kondisi eksisting menunjukkan tidak terpenuhinya tekanan minimum yaitu 5 – 10 meter di sebagian pelanggan, dan

besarnya kehilangan energi akibat gesekan pada pipa (*unit headloss*) di beberapa ruas pipa, terutama pada jaringan distribusi utama.

Kehilangan air fisik di jaringan distribusi dapat membesar, mengecil atau konstan tergantung dari intensitas dan upaya yang dilakukan terhadap 4 (empat) komponen utama dalam manajemen kehilangan fisik, yaitu perbaikan infrastruktur, manajemen tekanan, kecepatan dan kualitas perbaikan, serta program pengendalian kebocoran aktif (Winarni, 2012). Tingkatan pengendalian kehilangan air fisik, terdiri dari : *pertama*, deteksi kebocoran yang nampak; *kedua*, deteksi dan lokalisasi, serta perkiraan kebocoran yang tak nampak; *ketiga*, mendeteksi kebocoran melalui pengukuran aliran dan tekanan yang sistematis, serta pemodelan kebocoran pada zona atau DMA (PUPR, 2018). Oleh karena itu, strategi yang digunakan untuk pengendalian kehilangan air di Zona BSBG difokuskan pada pengendalian kehilangan air fisik dengan tahap membentuk DMA prioritas (tahap 1), mengoptimalkan jaringan perpipaan (tahap 2), manajemen tekanan (tahap 3), dan pengendalian kebocoran aktif (tahap 4).

Pembentukan DMA merupakan cara untuk menerapkan pengendalian kebocoran aktif secara optimal melalui pemantauan aliran yang masuk ke zona atau DMA sehingga volume air yang hilang dapat dihitung. Pembentukan DMA bertujuan untuk menurunkan waktu ketidakpedulian terhadap kebocoran, memprioritaskan kegiatan deteksi kebocoran, dan dasar untuk manajemen tekanan (PUPR, 2018). Pembentukan 2 (dua) DMA di Zona BSBG mempengaruhi kontinuitas aliran dan menyebabkan tekanan negatif. Aliran fluida dalam pipa yang mengalami penurunan tekanan dipengaruhi oleh panjang pipa, besarnya gesekan pada permukaan saluran, serta banyaknya sambungan pipa, belokan, katup, dan sebagainya (Waspododo, 2017).

Berdasarkan kombinasi hukum Bernoulli dan efek venturi diketahui bahwa jika ukuran penampang pipa berkurang dan debit fluida konstan, maka kelajuan fluida akan bertambah dan tekanan fluida berkurang (Rahayu dkk, 2021). Hukum Bernoulli juga menjelaskan hubungan antara panjang pipa, tekanan, dan potensi gaya gesek pada dinding pipa (*headloss*), serta hubungan antara luas penampang pipa dengan potensi *headloss* akibat gesekan pada dinding pipa. Semakin panjang penampang pipa, maka tekanan fluida berkurang, dan *headloss* semakin tinggi. Semakin kecil luas penampang pipa, maka semakin besar potensi *headloss* (Muhajir, 2009; Wicaksono dkk, 2021; Rahayu dkk, 2021). Hasil simulasi tahap 1 menunjukkan *unit headloss* di jaringan distribusi utama dan beberapa ruas pipa lainnya melebihi standar 10 m/km, sehingga dilakukan optimalisasi jaringan pipa dengan cara memperbesar ukuran pipa dan menambah pipa secara paralel.

Optimalisasi jaringan pipa di Zona BSBG menyebabkan tekanan meningkat dan *unit headloss* menurun. Oleh karena itu, optimalisasi jaringan pipa perlu diikuti dengan penerapan manajemen tekanan, salah satu cara yang dilakukan yaitu menyetel *speed pattern* pompa. Hal ini berkaitan dengan adanya hubungan antara besarnya aliran kebocoran dengan tekanan operasi sehingga penurunan laju peningkatan kebocoran

dilakukan dengan mereduksi tekanan (Winarni, 2012). Pengendalian tekanan menggunakan *Pressure Reducing Valve* (PRV) dan mengatur jam operasi pompa berdasarkan jam puncak dan jam minimum dapat mereduksi kehilangan air fisik sebesar 4,38% (Munis dkk, 2021). Penelitian serupa juga dilakukan oleh Muliawati, dkk (2023) dan Hatma, dkk (2023) yaitu penerapan manajemen tekanan menggunakan PRV dapat mereduksi kehilangan air fisik berturut-turut sebesar 13,17% dan 12,16%.

Penurunan kehilangan air juga dapat dilakukan melalui pengendalian kebocoran aktif di 2 (dua) DMA prioritas, berupa pemantauan aliran skala DMA menggunakan metode Aliran Malam Minimum (AMM), lokalisasi titik kebocoran dengan metode *steptest*, dan pencarian titik kebocoran. Hasil simulasi tahap 4 menunjukkan bahwa *unit headloss* dan tekanan minimum di pelanggan telah memenuhi standar, dan juga terdapat penurunan tekanan rata-rata di *outlet Booster* yang semula 27,24 meter menjadi 20,99 meter.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis kondisi eksisting di Zona BSBG diketahui bahwa tingkat ATR sebesar 46,26% dengan tingkat kehilangan air fisik sebesar 44,02%. Hasil pemodelan EPANET pada kondisi eksisting menunjukkan sebagian *node* memiliki tekanan kurang dari 5 meter dan beberapa ruas pipa memiliki *unit headloss* lebih dari 10 m/km. Strategi yang diperlukan untuk mereduksi kehilangan air di Zona BSBG difokuskan pada pengendalian kehilangan air fisik, yaitu membentuk DMA prioritas, optimalisasi jaringan perpipaan, manajemen tekanan, dan pengendalian kebocoran aktif. Air yang dapat diselamatkan sebanyak 128.196 m³/bulan sehingga tingkat kehilangan air di Zona BSBG dapat direduksi sebesar 23,47%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberikan dukungan pendanaan selama menjalani tugas belajar, dan kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memfasilitasi dan membimbing selama proses perkuliahan, serta terimakasih kepada PT. Air Minum Bandarmasih (Perseroda) yang telah memberikan dukungan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hanif, E. T., dan Rezagama, A. (2016). Pengendalian Kehilangan Air Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Dharma Kota Malang. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Al-Washali, T., Sharma, S., Lupoja, R., AL-Nozaily, F., Haidera, M., dan Kennedy, M. (2020). Assessment of water losses in distribution networks: Methods, applications, uncertainties, and implications in intermittent supply. Resources,

- Conservation and Recycling, Vol. 152, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104515>.
- Erianik, D., Marsono, B. D., dan Soedjono, E. S. (2019). Evaluation of Zona Air Minum Prima (ZAMP) Program in Ngagel Tirto Surabaya. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 506. No. 1. 2020.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., dan Singh, S. (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook : A Guide to Understanding Water Losses. Thailand : USAID.
- Hanifa, Yuniarto. A., Ahyar, A. (2021). Pemilihan DMA Prioritas untuk Penurunan Kehilangan Air di PDAM Bandarmasih Kota Banjarmasin. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hatma, A., Sundoro, M., Soedjono, E. S. (2023). Studi Penurunan Tingkat Kehilangan Air Fisik DMA GBR III Cisarua Kabupaten Bandung Barat Perumda Air Minum Tirta Raharja. Jurnal Darma Agung, Vol 31 No 1 : 848 - 859. Medan : Universitas Darma Agung.
- Hidayat, M. A. F. (2022). Analisis District Meter Area dalam Menurunkan Tingkat Kehilangan Air Kawasan Pasar Perumda Tirta Mayang Kota Jambi. Jambi : Universitas Batanghari.
- Kementerian PUPR. (2016). Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, Pub. L. No. 27/PRT/M/2016, Indonesia.
- Kementerian PUPR. (2018). Modul Air Tak Berekening. Jakarta Selatan : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kementerian PUPR. (2022). Kinerja BUMD Air Minum 2022 Wilayah III. Jakarta Selatan: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Muhajir, K. (2009). Karakteristik Aliran Fluida Gas-Cair Melalui Pipa Sudden Contraction. Jurnal Teknologi Vol 2 No 2 : 176-184.
- Muliawati, S., Hastuti, D. S., Soedjono, E. S. (2023). Studi District Meter Area (DMA) Norotog Perumda Air Minum Tirta Raharja Kabupaten Bandung untuk Pengendalian Kehilangan Air. Jurnal Darma Agung, Vol 31 No 1 : 912 – 921. Medan : Universitas Darma Agung.
- Munis, A., Sundoro, M., Soedjono, E. S. (2023). Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran Pada Penurunan Kehilangan Air Fisik. Syntax Literate : Jurnal Ilmiah Indonesia p-ISSN : 2541 – 0849 e-ISSN : 2548 – 1398, Vol 6 No 2 : 1102 – 1116.
- Nugroho, G. N. F. (2021). Perencanaan Pengendalian Kehilangan Air Fisik Perumda Air Minum Tirta Patria Kota Blitar. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pradypna, F. F., Marsono, B. D., dan Soedjono, E. S. (2019) A Study of Drinking Water Supply and Demand in Surabaya in the Year 2039. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 506. No. 1. 2020.

- Rahayu, P., Putri, D. K., Rosalina, & Indriyani, N. (2021). Pengaruh Diameter Pipa pada Aliran Fluida terhadap Nilai Head Loss. *Jurnal Agitasi : E-ISSN 2776-513X Vol 2 No 1*. Sorong : Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong.
- Ramdhan, M. (2021). *Metode penelitian*. Cipta Media Nusantara.
- Santi, L. K., Slamet, A., & Hastuti, D. S. (2023). Pengendalian Kehilangan Air dengan Pembentukan *District Meter Area* (DMA) di Zona J, Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suryawan, I. B. G. (2019). *Analisa Kehilangan Air (Non Revenued Water) Pada Jaringan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Studi Kasus Kecamatan Mengwi*. Universitas Ngurah Rai.
- Sya'bani, M. R. (2016). Penerapan Jaringan Distribusi Sistem District Meter Area (DMA) dalam Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air Fisik ditinjau dari Aspek Teknis dan Finansial (Studi Kasus : Wilayah Layanan IPA Bengkuring PDAM Tirta Kencana Kota Samarinda). Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Thornton, J., Sturm, R., & Kunkel, G. (2008). *Water Loss Control*.
- Waspodo. (2017). Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. *Jurnal Suara Teknik Fakultas Teknik*. Pontianak : Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Wicaksono, F. A., Subekti, Indriyanto, K. (2021). Analisis Pengaruhi Penyumbatan Aliran Fluida pada Pipa dengan Metode Fast Fourier Transform. *Jurnal Dinamika Volasional Teknik Mesin Vol 6 No 11 : 77 – 83*.
- Winarni. (2012). *Manajemen Pengendalian Kehilangan Air*. Jakarta : Universitas Trisakti.