

**STUDI PENURUNAN TINGKAT KEHILANGAN AIR FISIK DMA GBR III
CISARUA KABUPATEN BANDUNG BARAT PERUMDA AIR MINUM
TIRTA RAHARJA**

Oleh:

Arvilia Hatma ¹⁾

Muhammad Sundoro ²⁾

Eddy Setiadi Soedjono ³⁾

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya ^{1,3)}
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat ²⁾

E-mail:

arviliahatma@pu.go.id ¹⁾

soedjono@enviro.its.ac.id ³⁾

ABSTRACT

The District Meter Area (DMA) of Graha Bukit Raya III (GBR III) is in the Cisarua Zone Region IV Perumda Tirta Raharja Drinking Water. DMA was formed in 2008 with the existing condition of the pipeline network being Polyvinyl Chloride (PVC). In the water balance for the May 2022 period, the level of NRW DMA GBR III is 61.0% (still above the RPJMN 2020-2024 target of 25%). Of the 21,206 m³ of distributed water, there was a water loss of 12,936 m³ with a physical water loss of 54.37%. The extreme difference in elevation between the DMA inlet and the service area causes high pressure on the distribution pipeline network. So if there is a leak in the pipe, with the high pressure, the amount of water lost will increase. In this study, an analysis of the existing condition of DMA GBR III was carried out against the DMA criteria in the literature and analyzed the distribution pipeline network using EPANET 2.2 software. The result is that most of the DMA criteria have been fulfilled by DMA GBR III and what has not been fulfilled are variations in the ground surface and pipe hydraulic height. Optimization of DMA GBR III is carried out through pressure management, namely the installation of a PRV (Pressure Reducing Valve). The alternative chosen is the addition of 3 PRVs as a recommendation because it can reduce the level of water loss to 12.16% so that it can save water as much as 107,428.2 m³ / year and provides a potential additional profit of 217,2 million rupiah / year and the potential for adding 856 customers SR.

Keywords: District Meter Area, Graha Bukit Raya III, inlet, Pressure Reducing Valve

ABSTRAK

District Meter Area (DMA) Graha Bukit Raya III (GBR III) berada pada Zona Cisarua Wilayah IV Perumda Air Minum Tirta Raharja. DMA dibentuk pada tahun 2008 dengan kondisi eksisting jaringan perpipaannya adalah Polyvinyl Chloride (PVC). Pada neraca air periode Mei 2022, tingkat NRW DMA GBR III adalah 61,0% (masih di atas target RPJMN 2020-2024 yaitu 25%). Dari 21.206 m³ air yang terdistribusi terdapat kehilangan air sebesar 12.936 m³ dengan kehilangan air fisik 54,37 %. Perbedaan elevasi yang sangat ekstrim antara inlet DMA dengan daerah layanan menyebabkan tingginya tekanan pada jaringan pipa distribusi. Maka apabila terdapat kebocoran pada pipa, dengan tingginya tekanan tersebut jumlah air yang hilang akan semakin banyak. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kondisi eksisting DMA GBR III terhadap kriteria DMA yang ada dalam literatur dan menganalisis jaringan pipa distribusi menggunakan software EPANET 2.2. Hasilnya adalah sebagian besar kriteria DMA telah dipenuhi oleh DMA GBR III dan yang belum terpenuhi adalah variasi permukaan tanah dan tinggi hidraulis pipa. Optimalisasi DMA GBR III dilakukan melalui manajemen tekanan yaitu pemasangan PRV (Pressure Reducing Valve). Alternatif yang

dipilih adalah penambahan 3 buah PRV sebagai rekomendasi karena mampu menurunkan tingkat kehilangan air menjadi 12,16 % sehingga mampu menyelamatkan air sebanyak 107.428,2 m³/tahun dan memberikan potensi tambahan profit sebesar 217,2 juta rupiah/tahun serta potensi penambahan pelanggan 856 SR.

Kata Kunci: Distrik Meter Area, Graha Bukit Raya III, inlet, Pressure Reducing Valve

1. PENDAHULUAN

District Meter Area (DMA) Graha Bukit Raya III (GBR III) merupakan salah satu DMA di Zona Cisarua Wilayah IV Perumda Air Minum Tirta Raharja. DMA ini dibentuk pada tahun 2008 dengan kondisi eksisting jaringan perpipaannya adalah Polyvinyl Chloride (PVC). Berdasarkan neraca air periode Mei 2022, tingkat NRW DMA GBR III adalah 61,0% (masih di atas target RPJMN 2020-2024 yaitu 25%). Dari total 21.206 m³ air yang terdistribusi terdapat kehilangan air sebesar 12.936 m³ dimana kehilangan air fisik merupakan komponen penyebab kehilangan air terbesar yaitu 54,37.

Kehilangan air fisik dapat terjadi pada pipa maupun reservoir. Pada pipa umumnya disebabkan karena karakteristik pipa (umur-kualitas- kedalaman), sifat tanah yang korosif, beban lalu lintas yang berat, pergerakan tanah, lonjakan suhu dan tekanan saat pengoperasian, penanganan dan penyimpanan yang tidak tepat selama konstruksi, konstruksi yang buruk dan kerusakan pipa distribusi air minum saat galian proyek lainnya (galian pipa gas, air limbah dll) sedangkan kebocoran pada reservoir biasanya disebabkan karena overflow, pengurasan, kebocoran pada bangunan reservoir, dan kebocoran peralatan

DMA GBR III terbentuk pada tahun 2008 dan merupakan bagian dari SPAM Cisarua. Pemenuhan kebutuhan air di SPAM Cisarua diolah di IPA Cisarua yang berlokasi di Kel. Kertasari Kec. Cisarua Kab. Bandung Barat memiliki kapasitas 38 L/detik yang sumber airnya berasal dari Intake Cijanggal/ Sungai Cimahi. Sebelum memasuki DMA GBR III, air yang berasal dari reservoir IPA Cisarua mengalir

melalui pipa distribusi melewati tiga konstruksi Bak Pelepas Tekan (BPT) yaitu BPT Puncut, BPT Pasir Halang kemudian BPT Cilame selanjutnya masuk ke inlet DMA GBR III sampai ke daerah pelayanan. Meskipun tekanan sudah diturunkan melalui beberapa konstruksi Bak Pelepas Tekanan, namun inlet DMA GBR III yang terletak pada topografi tinggi menyebabkan perbedaan elevasi yang ekstrim dengan daerah pelayanan hingga 84,57 m. Berdasarkan kondisi tersebut, tekanan dalam jaringan pipa distribusi menjadi sangat tinggi. Mengingat pipa eksisting di lapangan berjenis PVC sudah berumur 18 tahun membuat pipa rentan menjadi pecah.

Adapun pengendalian kehilangan fisik dapat ditempuh melalui 4 strategi yaitu :kecepatan dan kualitas perbaikan, pengendalian kebocoran aktif, manajemen aset dan pengendalian tekanan (pressure management). Penurunan kebocoran melalui pengendalian tekanan memerlukan biaya yang relatif rendah dan memberikan hasil yang cepat. Cara ini juga dapat mengurangi frekuensi pipa pecah dan memperpanjang umur pipa namun tetap harus mempertimbangkan tekanan minimum yang diterima oleh pelanggan. Dalam hal ini tekanan minimum yang dipersyaratkan dalam Permen PU Nomor 27/PRT/M/2016 adalah 0,5 bar.

Terdapat beberapa alternatif dalam pengendalian tekanan antara lain : zoning berdasarkan ketinggian, pengaturan pompa dan Pressure Reducing Valve (PRV). PRV berfungsi untuk mengatur tekanan yang masuk ke dalam sistem dengan memperbesar headloss sehingga tekanan di bagian hilir menjadi turun dan lebih rendah dari bagian hulunya setelah melewati PRV

(Ditjen Cipta Karya, 2018). Mengingat bahwa pengaliran di DMA GBR III dilakukan secara gravitasi, maka alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan pemasangan PRV. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis untuk memperoleh strategi optimalisasi DMA yaitu dengan membandingkan kondisi eksisting terhadap kriteria DMA yang ada dalam literatur. Analisis jaringan pipa distribusi pada DMA akan dilakukan melalui pemodelan menggunakan bantuan

software EPANET2.2.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kriteria Sistem Desain Distribusi

Ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi dalam perancangan sistem distribusi sesuai dengan Lampiran 3, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum adalah sebagai berikut:

Tabel 1.

Kriteria Pipa Distribusi

No.	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit Perencanaan	Q_{puncak}	Kebutuhan air jam puncak $Q_{\text{puncak}} = F_{\text{puncak}} \times Q_{\text{rata-rata}}$
2	Faktor jam puncak	F_{puncak}	1,15 - 3
3	Kecepatan aliran dalam pipa a) Kecepatan minimum b) Kecepatan maksimum - Pipa PVC atau ACP - Pipa baja atau DCIP	V_{min} V_{max} V_{max}	0,3 - 0,6 m/det 3,0 - 4,5 m/det 6,0 m/det
4	Tekanan air dalam pipa a) Tekanan minimum b) Tekanan maksimum - Pipa PVC atau ACP - Pipa baja atau DCIP - Pipa PE 100 - Pipa PE 80	h_{min} h_{max} h_{max} h_{max} h_{max}	0,5 - 1,0 atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh 6 - 8 atm 10 atm 12,4 MPa 9,0 MPa

Komponen Non Revenue Water (NRW)

Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Bisa Direkenangkan (ATBR) adalah jumlah air yang tidak direkenangkan. NRW dihitung dengan mengurangi input air pada sistem terhadap air berekening. Komponen NRW terdiri atas konsumsi resmi tak berekening dan kehilangan air. Kehilangan air adalah jumlah air yang tidak tercatat dan tidak direkenangkan. Kehilangan air terbagi menjadi 2 (dua), yaitu kebocoran non fisik dan kebocoran fisik. Kebocoran fisik memiliki porsi paling besar dalam menyumbang tingkat NRW, baru kemudian diikuti oleh kebocoran non fisik dan konsumsi resmi tak berekening (Setianingsih & Karnaningroem, 2019).

Neraca Air

Langkah awal dalam mengurangi NRW adalah dengan melakukan audit air, yang memanfaatkan neraca air (*water balance*). Neraca air merupakan kesetimbangan antara jumlah air yang disuplai dengan jumlah air yang didistribusikan. Memahami neraca air hukumnya wajib dalam penyusunan prioritas perhatian dan investasi (Ditjen Cipta Karya, 2018). Perhitungan neraca air juga

memiliki arti penting sebagai berikut:

1. Mengungkap ketersediaan/keandalan data dan tingkat pemahaman terhadap situasi NRW;
2. Dapat dijadikan acuan dalam penyusunan strategi penurunan kehilangan air atau menunjukkan arah langsung menuju perbaikan;
3. Memberikan penyadaran arti penting penurunan NRW;
4. Dapat dijadikan alat analisis untuk memperkirakan komponen NRW;
5. Menjadi alat untuk komunikasi dan perbandingan (*benchmarking*), karena menggunakan indikator-indikator yang disepakati dan seragam di seluruh dunia.

Program bantu untuk menghitung neraca air adalah *WB Easy Calc* yang diterbitkan oleh *Limberger and Partner* berdasarkan pengelompokan kehilangan air dan NRW menurut *International Water Association* (Farley et al., 2008).

Kehilangan Air Fisik

Kehilangan air fisik atau kebocoran fisik merupakan kebocoran yang secara nyata (fisik) yang menyebabkan air tidak dapat disalurkan (dijual) kepada pelanggan karena air keluar dari jaringan pipa oleh

sebab-sebab tertentu. Dalam hal ini termasuk kebocoran pada pipa, *joint*, *fitting*, kebocoran pada tangki atau reservoir, limpahan air yang keluar dari reservoir serta *open drain* atau sistem *blow-off* yang tidak memadai. Upaya pengendalian kebocoran fisik antara lain:

1. Kecepatan dan kualitas perbaikan
2. Pengendalian Kebocoran Aktif
3. Manajemen Aset
4. Manajemen Tekanan (Thornton, J. (2003).

Hubungan Tekanan dan Kehilangan Air Fisik

Hubungan antara tekanan dan tingkat kebocoran sebenarnya tidaklah linear, namun berupa tingkat eksponen tertentu (Puust dkk., 2010). Metode perhitungan ini dikenal sebagai *fixed and variable area discharges* (FAVAD) (Lambert, 2002). Perhitungan terkait hubungan antara tekanan dan kebocoran menggunakan metode FAVAD dijelaskan secara lengkap oleh Thornton dkk. (2008) pada bukunya yang berjudul "*Water Loss Control*".

IWA *Water Losses Task* menggunakan simbol $N1$ sebagai nilai eksponen, sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{Qf1}{Qf0} = \left(\frac{P1}{P2}\right)^{N1}$$

$Qf1$ = Debit kebocoran setelah perubahan tekanan

$Qf0$ = Debit kebocoran sebelum perubahan tekanan

$P1$ = Tekanan setelah dilakukan perubahan

$P0$ = Tekanan sebelum dilakukan perubahan

$N1$ = Eksponen kebocoran

3. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi permasalahan kehilangan air;
2. Melakukan studi literatur terkait kehilangan fisik dan sistem distribusi;
3. Mengumpulkan data primer dan data sekunder terkait penelitian;

4. Menganalisis data hasil penelitian;
5. Membuat kesimpulan dari penelitian.

Pengumpulan Data

Data Primer :

1. Kondisi DMA terbangun
2. Pengukuran debit aliran masuk DMA

Data Sekunder :

1. Neraca Air
2. Wilayah pelayanan
3. Jaringan distribusi
4. DMA terbangun
5. Data pelanggan
6. Data dokumentasi

Analisis Data

1. Analisis DMA terbangun
Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting DMA GBR III terhadap kriteria DMA yang ada pada literatur. Kriteria DMA yang digunakan sebagai perbandingan di antaranya adalah bentuk DMA (jumlah SL), jumlah katup yang harus ditutup, terdapat peralatan untuk mengukur debit dan tekanan, dan variasi permukaan tanah di dalam DMA. Berdasarkan hasil analisis ini, diperoleh informasi pada bagian mana optimalisasi perlu dilakukan terhadap DMA agar sesuai dengan kondisi ideal dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Analisis Hidrolis DMA GBR III
Analisis hidrolis ini dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi eksisting jaringan distribusi sudah sesuai atau belum dengan kriteria desain sistem distribusi yang ada pada Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 dan SNI 7509:2011. Analisis hidraulis melalui pemodelan jaringan distribusi ini dilakukan untuk memperoleh alternatif strategi yang dapat dilakukan untuk optimasi DMA GBR III.
3. Pemodelan jaringan distribusi pada DMA (eksisting dan strategi alternatif)
Pemodelan jaringan distribusi eksisting

pada DMA dilakukan dengan bantuan *software EPANET 2.2*. Data peta jaringan GIS diakses melalui *software QGIS*, kemudian jaringan distribusi pada DMA diplot kembali menggunakan *plugin QEPANET* yang ada pada *QGIS*. Hasil plot jaringan distribusi menggunakan *QEPANET* kemudian disimpan dan pemodelan dilanjutkan dengan menggunakan *EPANET 2.2*. Penggunaan *plugin QEPANET* pada *QGIS* dilakukan supaya data panjang pipa dan data elevasi dapat terinput secara otomatis. Hasil pemodelan kemudian dianalisis dengan membandingkannya terhadap kriteria desain sistem distribusi sesuai dengan Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum dan SNI 7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan

Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum. Berdasarkan hasil analisis ini, dilakukan penyesuaian terhadap jaringan distribusi eksisting pada DMA jika terdapat kondisi yang tidak sesuai dengan kriteria desain. Pemodelan jaringan distribusi menggunakan *EPANET 2.2* ini kemudian dilanjutkan sampai diperoleh 2 (dua) alternatif strategi yang dapat dilakukan untuk optimalisasi DMA GBR III.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Neraca Air

Tingkat NRW di DMA GBR III adalah 61%. Dengan aplikasi *WB-EasyCalc the free water balance software version 5.15*, komponen air yang terdistribusi pada DMA GBR III dapat dilihat pada neraca air di bawah ini :

Gambar 1 Neraca Air dalam m³ untuk periode 30 hari

Volume Input Sistem 21.206 m ³ Margin Error [+/-] 5,0% Presentase 100,0%	Konsumsi Resmi 8.270 m ³ Margin Error [+/-] 0,0% Presentase 39,00 %	Konsumsi Resmi Berekoning 8.270 m ³ Presentase 39,00 %	Konsumsi Berometer Berekoning 8.270 m ³ Presentase 39,00%	Air Berekoning 8.270 m ³ Presentase 39,00 %	
		Konsumsi Tak Berekoning 0 m ³ Margin Error [+/-] 0,0% Presentase 0,00%	Konsumsi Tak Berometer Berekoning 0 m ³ Presentase 0,00%		
	Kehilangan Air 12.936 m ³ Margin Error [+/-] 6,2%	Kehilangan Air Non Fisik 146 m ³ Margin Error [+/-] 0,0% Presentase 0,63 %	Konsumsi Berometer Tak Berekoning 0 m ³ Margin Error [+/-] 0,0% Presentase 0,11 %	Konsumsi Tak Resmi 487 m ³ Margin Error [+/-] 19,7 % Presentase 2,30 %	Air Tak Berekoning 12.936 m ³ Margin Error [+/-] 1,6% Presentase 61,00 %
		Kehilangan Air Fisik 11.530 m ³ Margin Error [+/-] 9,3% Presentase 54,37 %	Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 919 m ³ Margin Error [+/-] 15 % Presentase 4,33 %		

KETERANGAN :

- PIPA Ø 160 mm (6 inch)
- PIPA Ø 110 mm (4 inch)
- PIPA Ø 90 mm (3 inch)
- PIPA Ø 63 mm (2 inch)

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa dari total air yang terdistribusi 21.206 m³, air yang dapat direkenungkan hanya berjumlah 8.270 m³ sedangkan 12.936 m³ menjadi air yang air yang tak berekening (*non-revenue water*) yang terdiri dari 0% konsumsi tak berekening, kehilangan fisik sebesar 54,37% dan kehilangan non fisik 6,63%. Dari persentase pada neraca air di atas, terlihat bahwa pada DMA GBR III kehilangan air fisik yang ada jauh lebih besar daripada kehilangan nonfisiknya. Oleh karena itu selanjutnya akan dibahas lebih lanjut mengenai kehilangan air fisik tersebut.

b. Analisis Kondisi DMA Eksisting

Langkah awal dalam melakukan analisis optimasi DMA adalah dengan

melakukan analisis DMA terbangun. Analisis DMA terbangun dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting DMA GBR III terhadap kriteria DMA yang ada pada literatur yaitu terkait bentuk DMA, jumlah katup yang harus ditutup (interkoneksi), ketersediaan alat pengukuran debit dan tekanan, variasi permukaan tanah, tinggi hidraulis pada pipa, dan batas-batas DMA.

DMA GBR III yang berlokasi di Kelurahan Cilame, Kec.Ngamprah, Kabupaten Bandung Barat. merupakan wilayah permukiman dengan jumlah pelanggan sebanyak 791 SL, atau sebanyak 20,56 % dari jumlah pelanggan di wilayah pelayanan Cisarua. DMA GBR III berada pada ketinggian 754 m dpl. Pemenuhan kebutuhan air dilayani oleh

SPAM Cisarua. Pipa distribusi yang terpasang di lapangan bejenis PVC

berdiameter 6 inch sampai dengan 2 inch dan saat ini sudah berumur 18 tahun.

Gambar 2. Layout Jaringan Perpipaan DMA GBR III



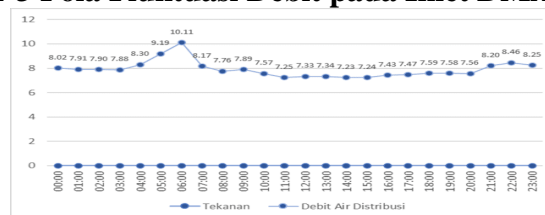
No.	Jenis Pipa	Diameter Pipa (inch)	Panjang Pipa (m)	Tahun Pemasangan
1	PVC	6	1862.95	2004
2	PVC	4	27.09	2004
3	PVC	3	1222.12	2004
4	PVC	2	8252.41	2004
Total Panjang Pipa			11364.57	

Tabel 2. Data Jaringan Perpipaan DMA GBR III

Pelanggan pada DMA GBR III dilayani melalui sistem distribusi secara gravitasi yang beroperasi selama 24 jam, sehingga telah memenuhi prinsip kontinuitas. Sebelum memasuki inlet DMA GBR III, air pada sistem distribusi terlebih dahulu melewati BPT Cilame yang berjarak hanya 1 meter sebelum inlet DMA. . Namun karena jarak BPT Cilame sangat dekat dengan inlet DMA, tekanan yang terbaca di *data logger* selalu bernilai 0 sehingga hanya data debit saja yang terbaca di *data logger*. DMA GBR III sudah terisolasi sempurna, dan pada inlet

DMA dilengkapi dengan meter induk DMA jenis mekanis, manometer jenis mekanis, dan *data logger* yang mencatat debit dan tekanan. Selain itu, Data debit dan tekanan aliran air yang masuk melalui inlet DMA GBR III diperoleh melalui hasil pembacaan *logger* terhadap meter induk dan manometer yang terpasang. Pada penelitian ini dipilih data Bulan Mei 2022 karena pada bulan tersebut aliran dalam kondisi stabil dan kontinu. Data debit supply rata-rata selama 24 jam kemudian diinput sehingga grafiknya dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

Gambar 3 Pola Fluktuasi Debit pada Inlet DMA GBR III



Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pemakaian air tertinggi berada pada pukul 06.00 WIB dengan debit 10,11 l/det. Tingginya pemakaian air ada di pagi hari karena aktivitas warga kompleks perumahan seperti mandi, memasak dan mencuci.

Selanjutnya, variasi elevasi permukaan tanah pada DMA GBR III diperoleh dengan menyandingkan data peta jaringan GIS yang dimiliki oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja dengan data elevasi yang diperoleh dari DEM Nasional (DEMNAS) untuk Kabupaten Bandung

Barat. Kabupaten Bandung Barat memiliki Transverse Mercator (UTM) Zone 48S (EPSG : 32748 – WGS 84/ UTM zone 48S). Peta jaringan GIS dan data elevasi DEMNAS diakses melalui software QGIS, kemudian data elevasi pada jaringan diperoleh melalui plugin QEPANET yang ada pada QGIS. Tampilan data elevasi pada jaringan yang diperoleh dari software QGIS dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan data tersebut diperoleh informasi bahwa DMA GBR III memiliki elevasi terendah pada 754,53 mdpl dan elevasi tertinggi pada 842,07 mdpl.

Gambar 4 Data Elevasi DMA GBR III berdasarkan software QGIS



Data dasar kondisi eksisting DMA GBR III yang telah diperoleh kemudian dibandingkan terhadap kriteria DMA yang ada pada literatur..Analisis lanjutan kemudian dilakukan terhadap kondisi eksisting yang belum sesuai dengan

kondisi ideal, untuk mendapatkan alternatif optimasi DMA yang dapat dilakukan. Perbandingan antara kondisi eksisting DMA GBR III dengan kondisi ideal sesuai kriteria DMA dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Kondisi Eksisting DMA GBR III dengan Kondisi Ideal Sesuai Kriteria DMA pada Literatur

No.	Kriteria DMA	Kondisi Eksisting DMA GBR III	Analisis
1	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air < 1 m/detik	Belum sesuai
2	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air < 1 m/detik	Belum sesuai
3	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air < 1 m/detik	Belum sesuai
4	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air < 1 m/detik	Belum sesuai
5	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air < 1 m/detik	Belum sesuai
6	Kecepatan aliran air	Kecepatan aliran air < 1 m/detik	Belum sesuai

Sumber :Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa sebagian besar kriteria DMA telah dipenuhi oleh DMA GBR III. Kriteria yang belum terpenuhi adalah variasi permukaan tanah dan tinggi hidraulis pipa.

c. Analisis Hidrolis DMA GBR III

Analisis hidrolis ini dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi eksisting jaringan distribusi sudah sesuai atau belum dengan kriteria desain sistem distribusi yang ada pada Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 dan SNI 7509:2011. Analisis hidraulis melalui pemodelan jaringan distribusi ini dilakukan untuk memperoleh alternatif strategi yang dapat dilakukan untuk optimasi DMA GBR III.

Untuk memperoleh hasil yang baik dan cukup akurat dengan kondisi lapangan,

analisis hidraulis menggunakan *EPANET 2.2* ini diintegrasikan dengan data GIS (Ahmadullah dan Dongshik, 2016). Data pipa eksisting berupa diameter pipa, jenis pipa, dan panjang pipa diperoleh dari peta jaringan GIS yang dimiliki oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja. Pipa distribusi yang berada di DMA GBR III memiliki jenis PVC dengan diameter 160 sampai 63 mm. Sedangkan untuk pipa dinas ke SL menggunakan pipa berukuran 25 mm. Pemodelan jaringan distribusi eksisting pada DMA GBR III dilakukan hanya sampai pipa berukuran 63 mm. Nilai koefisien kekasaran pipa yang digunakan mengikuti Tabel 5, di mana untuk untuk jenis PVC sebesar 140.

Tabel 4 Nilai C Hazen-Williams Pipa Berumur

Pipe Material	Age (Years)	Diameter	C
Cast Iron (CIP)	5	> 380 mm	120
		> 100 mm	118
	10	> 300 mm	111
		> 100 mm	107
	20	> 300 mm	96
		> 100 mm	89
30	> 400 mm	87	
	> 100 mm	78	
Polyvinyl Chloride	Average		140
Asbestos	Average		140

Sumber : Mays, 1999

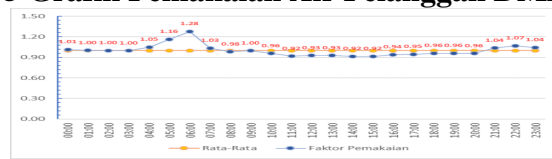
Pola pemakaian air didapatkan dari hasil pembacaan *logger* pada meter induk DMA yang terpasang pada inlet DMA GBR III. Data yang digunakan merupakan

debit air yang tercatat setiap jamnya pada meter induk dalam satu hari. Faktor pemakaian air setiap jam dihitung melalui perbandingan antara debit air setiap jam

dengan debit rata-rata dalam sehari. Faktor pemakaian air untuk setiap jam ini digunakan sebagai input *demand pattern*

pada pemodelan. Pola pemakaian air pelanggan DMA GBR 3 dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :

Gambar 5 Grafik Pemakaian Air Pelanggan DMA GBR III



d. Analisis Jaringan Distribusi Eksisting

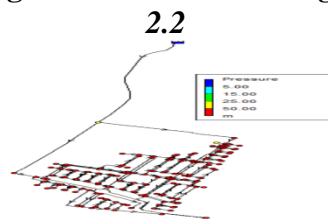
Gambar 6 Pattern Editor Pola Pemakaian Air



Pada gambar di atas, jam puncak (*peak hour*) berada di pukul 06.00 dan pola pemakaian air yang relatif hampir sama pada kondisi jam pemakaian minimum. Pada kondisi normal biasanya *minimum hour* pada pukul 00.00 – 02.00, lain halnya dengan kondisi di DMA GBR III yang jam minimumnya di pukul 14.00 karena

menurut informasi di lapangan bahwa pada malam hari pelanggan masih menggunakan air untuk mengisi tandon. Hasil running jaringan distribusi eksisting DMA GBR III dalam *software EPANET 2.2* dapat dilihat pada Gambar di bawah ini:

Gambar 7 Hasil Running Jaringan Distribusi Eksisting DMA GBR III pada EPANET 2.2



Setelah data-data hidrolis dimasukkan dan di *running* pada aplikasi EPANET, terlihat pada gambar 12 bahwa tekanan yang berada pada jaringan distribusi eksisting sangatlah tinggi. Nilainya yaitu bervariasi dari 36,85 m – 87,51 m saat jam minimum dan 36,47 m – 86,64 m pada jam puncak. Kondisi sisa tekan yang tinggi pada jaringan distribusi terjadi akibat variasi permukaan tanah pada DMA GBR III sebesar 87,54 m, di mana semakin jauh dari inlet, elevasi semakin menurun sehingga memberikan tambahan tekanan statis.

Nomor 27/PRT/M/2016. Pipa-pipa ini sebagian besar merupakan pipa pelayanan yang memiliki diameter 63 mm. Hal ini disebabkan oleh diameter pipa terlalu besar yang memang direncanakan untuk pengembangan ke depan. Kondisi ini menyebabkan base demand pada node menjadi relatif kecil dibandingkan dengan diameter pipa yang ada, sehingga kecepatan aliran dalam pipa juga ikut menjadi kecil.

Variasi kecepatan aliran pada jam minimum adalah 0,01 – 0,36 m/s dan pada jam puncak adalah 0,01-0,41 m/s yang berarti sebagian masih di bawah 0,3 m/s menurut kriteria desain sistem distribusi yang disyaratkan dalam Permen PUPR

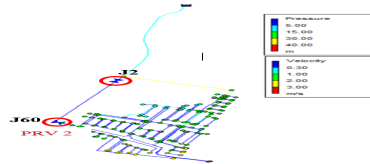
Unit head loss dipengaruhi oleh panjang pipa, debit aliran, diameter pipa, nilai kekasaran pipa, aksesoris pipa. 190 *links* pipa atau 100% *head loss* telah memenuhi kriteria kurang dari 10 m/km sesuai dengan Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016.

e. Strategi Alternatif I Pengendalian Tekanan Aliran

Permasalahan pada DMA GBR III adalah adanya tekanan yang tinggi pada jaringan distribusi. Tekanan yang tinggi ini sangat membahayakan kondisi pipa, apalagi pipa yang ada di lapangan usianya sudah 18 tahun. Oleh karena itu perlu

upaya untuk menurunkan tekanan. Karena sistem pengaliran secara gravitasi, pengendalian tekanan dipilih dengan cara menambah 2 buah PRV di jaringan distribusi.

Gambar 8 Penempatan 2 Buah PRV pada Jaringan Distribusi



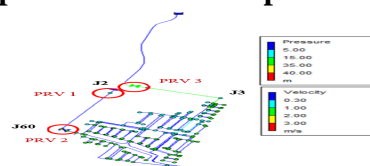
Pada Gambar 8, terdapat penambahan 2 buah PRV yang masing-masing diletakkan setelah node J2 yang disetting 1,2 bar dan setelah node J60 yang disetting 1,7 bar. Setting output tekanan PRV paling tidak maksimal 1/3 dari tekanan inputnya agar PRV tidak cepat rusak dan umurnya tahan lama. Pada PRV 1 tekanan yang masuk adalah 3,69 bar sehingga disetting tekanan outputnya 1,2 bar sehingga mengakibatkan tekanan di node J60 yang tadinya 66,55 m turun menjadi 42,10 m. Kemudian pada PRV 2 tekanan input adalah 42,10 m, dengan setting PRV 1,7 bar mengakibatkan penurunan tekanan dalam jaringan distribusi. Penurunan ini diharapkan mampu menurunkan kehilangan air fisik dan masih dalam batas aman sesuai yang dipersyaratkan. Sehingga hasilnya adalah sisa tekan pada jam minimum adalah 10,2 m – 43,08 m dan sisa tekan pada jam maksimum adalah 8,05 m – 37,92 m.

untuk dilakukan. Meskipun secara teknis dapat meningkatkan kecepatan aliran pada pipa supaya dapat memenuhi kriteria desain, upaya ini memerlukan investasi yang tinggi dan berpotensi menyebabkan kerugian akibat ukuran pipa menjadi tidak dapat mengakomodasi peningkatan debit dari penambahan pelanggan yang akan datang (Adrial M., Eddy S. Soedjono, 2021). Oleh karena itu, meskipun belum memenuhi kriteria desain kecepatan aliran sesuai Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016, diameter pipa jaringan distribusi pada model alternatif optimasi DMA GBR III di atas tidak dilakukan penyesuaian kembali.

f. Strategi Alternatif II Pengendalian Tekanan Aliran

Pengendalian tekanan pada alternatif 2 yaitu penempatan 3 buah PRV seperti lingkaran warna merah di Gambar 14 yang masing-masing diletakkan setelah node J2 ke arah bawah (node J60) yang disetting 1,2 bar dan setelah node J2 ke arah kanan (node J3) disetting 1,2 bar serta setelah node J60 menuju node J59 yang disetting 1,7 bar. Setingan PRV ini tidak boleh terlalu rendah karena akan cepat merusak PRV dan akan menimbulkan negative pressure dan tidak boleh terlalu tinggi karena penurunan tekanan akan menjadi tidak signifikan sehingga peranan PRV tidak akan menjadi optimal.

Gambar 9 Penempatan 3 Buah PRV pada Jaringan Distribusi



Kecepatan alirannya masih di bawah 0,3m/s disebabkan oleh diameter pipa terlalu besar yang memang direncanakan untuk pengembangan ke depan. Untuk meningkatkan kecepatan aliran pada pipa dapat dilakukan dengan memperkecil diameter pipa dan meningkatkan *base demand* melalui penambahan pelanggan. Penggantian pipa dengan diameter lebih kecil merupakan upaya yang tidak *feasible*

Menurut hasil *running analysis* EPANET pada alternatif II ini, sisa tekan pada jam minimum adalah 5,05 m – 37,91 m dan sisa tekan pada jam maksimum adalah 5,04 – 37,90 m. Sedangkan kecepatan aliran pada jam minimum dan jam puncak adalah sama yaitu bervariasi antara 0,01 m/s – 1,68 m/s.

Tabel 5 Hubungan Antara Tekanan Rata-Rata Minimum Hour dan Peak Hour

No	Jaringan Pipa Distribusi	SL	Q Dist m ³ /bulan	Kehilangan Air Fisik 54,37% (m ³ /bulan)	P rata-rata Existing (m)	P rata-rata Alternatif 1 (m)	P rata-rata Alternatif 2 (m)
1	DMA GBR III	791	21.206	11530	65,05	20,91	17,49

Berdasarkan Tabel 5 kondisi *existing* tekanan rata-rata 65,05 m. Pada alternatif 1 tekanan rata-rata turun menjadi 20,91 m. Alternatif 2 tekanan rata-rata turun menjadi 17,49 m. Setelah dilakukan manajemen tekanan pada Alternatif 1 dan Alternatif 2, diketahui debit kehilangan air sebagai berikut:

$Q_{f0} = 11.530 \text{ m}^3/\text{bulan}$ (debit kebocoran sebelum perubahan tekanan)

$Q_{f1} =$ Debit kebocoran setelah perubahan tekanan (m^3/bulan)

$P_0 = 65,05 \text{ m}$ (P rata-rata *existing*)

$P_1 = 20,91 \text{ m}$ (P rata-rata Alternatif 1)

$P_2 = 17,48 \text{ m}$ (P rata-rata Alternatif 2)

$N_1 = 1,14$

$$\frac{Q_{f1}}{Q_{f0}} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{1,14}$$

$$Q_{f1} = \left(\frac{20,91}{65,05}\right)^{1,14} \times 11.530$$

$$Q_{f1} =$$

Tabel 6. Penurunan Kehilangan Air Fisik Hasil Analisis

Kehilangan Air Fisik	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2
Debit (m^3/bulan)	11.530	3.161,78	2.577,65
Penurunan Kehilangan Air Fisik (m^3/bulan)	-	8.368,22	8.952,35
Tingkat Kehilangan Air Fisik (%)	54,37%	14,91%	12,16%

Manfaat yang diperhitungkan pada penelitian ini yaitu debit air yang bisa diselamatkan. Jika tarif air rata-rata Rp.6.698,8/ m^3 , maka terdapat potensi manfaat dari air yang diselamatkan sebagai berikut:

1. Kondisi Existing

Pada kondisi *existing*, kehilangan air fisik sebesar 11.530 m^3/bulan .

Pendapatan hilang = tarif air x kehilangan air
 $= \text{Rp.}6.698,8/\text{m}^3 \times 11.530 \text{ m}^3/\text{bulan}$

g. Analisis Perbandingan Alternatif Pengendalian Tekanan

Berdasarkan dari kondisi eksisting dan kedua alternatif di atas kemudian data tekanan saat jam minimum dan jam puncak dicari rata-ratanya sehingga didapatkan tekanan rata-rata seperti di bawah ini :

3.161,78 m^3/bulan

Debit kebocoran setelah pengendalian tekanan dengan alternatif 1 turun menjadi 3.161,78 m^3/bulan , kehilangan air fisik turun sebesar 8.368,22 m^3/bulan . Dengan persamaan yang sama diperoleh debit kebocoran setelah perubahan tekanan pada alternatif 2 sebagai berikut:

$$\frac{Q_{f1}}{Q_{f0}} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{1,14}$$

$$Q_{f1} = \left(\frac{17,48}{65,05}\right)^{1,14} \times 11.530$$

$$Q_{f1} = 2.577,65 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

Debit kebocoran setelah pengendalian tekanan dengan alternatif 2 turun menjadi 2577,65 m^3/bulan , kehilangan air fisik dapat diturunkan sebesar 8.952,35 m^3/bulan .

Penurunan kehilangan air fisik sebagaimana tabel di bawah ini :

= Rp.77.273.164/bulan

= Rp. 926.845.968/tahun

2. Manfaat Alternatif 1

Water saving 8.368,22 m^3/bulan , proyeksi manfaat:

Biaya Produksi = HPP x *water saving*

= Rp.4.676 x 8.368,22 m^3/bulan

= Rp. 39.129.796 m^3/bulan

≈ Rp. 469.557.560 /tahun

Pendapatan = tarif air x *water saving*

= Rp.6.698,8/ m^3 x 8.368,22 m^3/bulan

= Rp.56.057.032/bulan
 ≈ Rp. 203.126.825 /tahun
 Proyeksi Laba = Rp.56.859.043 /tahun

Potensi Penambahan SR =

$$\frac{\text{air yang terselamatkan}}{\text{konsumsi air rata-rata}} = \frac{8368,22 \text{ m}^3/\text{bulan}}{10,46 \text{ m}^3/\text{SR}/\text{bulan}}$$
 = 800 SR

3. Manfaat Alternatif 2

Water saving 8.952,35 m³/bulan, proyeksi manfaat:

Biaya Produksi = HPP x water saving

= Rp. 4.676 x 8.952,35 m³/bulan

= Rp. 41.858.332 m³/bulan

≈ Rp. 502.239.984 /tahun

Pendapatan = tarif air x water saving

= Rp.6.698,8/m³ x 8.952,35 m³/bulan

= Rp.59.970.002/bulan

≈ Rp.719.640.026/tahun

Proyeksi Laba = Rp. 217.264.992 /tahun

Potensi Penambahan SR =

$$\frac{\text{air yang terselamatkan}}{\text{konsumsi air rata-rata}} = \frac{8952,35 \text{ m}^3/\text{bulan}}{10,46 \text{ m}^3/\text{SR}/\text{bulan}}$$
 = 856 SR

Hasil perhitungan di atas menunjukkan implementasi alternatif I optimasi DMA GBR III mampu menyelamatkan air sebesar 8.368,22 m³/bulan atau sebesar 100.418,64 m³ /tahun. Dengan tarif air rata-rata sebesar Rp.6.698,8 per m³, maka diperoleh potensi tambahan pendapatan sebesar Rp.672.684.386,- per tahun. Setelah dikurangi biaya produksi sebesar Rp.469.557.560,- per tahun maka profit/laba yang diperoleh pada alternatif I adalah Rp. 203.126.825 /tahun dan terdapat potensi penambahan pelanggan sejumlah 800 SR.

Di sisi lain, implementasi alternatif II optimasi DMA GBR III mampu menyelamatkan air sebesar 8.950,67 m³/bulan atau sebesar 107.408,04 m³ /tahun. Dengan tarif air rata-rata sebesar Rp.6.698,8 per m³, maka diperoleh potensi tambahan pendapatan sebesar Rp.719.504.976,- per tahun. Setelah dikurangi biaya produksi Rp. 502.239.984/tahun maka profit/laba yang diperoleh pada alternatif II adalah Rp. 217.264.992/tahun dan terdapat potensi

penambahan pelanggan sejumlah 856 SR.

Berdasarkan hasil tersebut, alternatif II mampu memberikan potensi tambahan pendapatan dan profit yang lebih tinggi bagi Perumda Air Minum Tirta Raharja.

5. SIMPULAN

1. Menurut neraca air pada bulan Mei 2022, DMA GBR III memiliki kehilangan fisik sebesar 54,37%. Hal ini disebabkan karena tekanan pada jaringan distribusi melebihi batas yang dipersyaratkan sehingga memberikan potensi kebocoran yang tinggi pada pipa mengingat pipa berjenis PVC dan berusia tua. Kondisi DMA GBR III sebagian besar telah memenuhi kondisi ideal sesuai kriteria DMA pada literatur. Kriteria yang telah terpenuhi yaitu terkait bentuk DMA, jumlah katup yang harus ditutup (interkoneksi), tersedianya peralatan pengukuran debit dan tekanan dan batas-batas DMA. Adapun kriteria yang belum terpenuhi yaitu variasi permukaan tanah melebihi 40 m, dan tinggi hidraulis pada pipa.
2. Optimasi DMA GBR III dilakukan melalui manajemen tekanan dengan 2 (dua) alternatif. Alternatif pertama dengan pemasangan 2 buah PRV dan alternatif kedua dengan pemasangan 3 buah PRV. Berdasarkan kedua alternatif tersebut, semua telah memenuhi kriteria DMA berupa tekanan dan unit headloss pipa. Tekanan rata-rata eksisting yang tadinya 65,05 m dengan strategi alternatif 1 turun menjadi 20,91 m dan dengan alternatif 2 turun menjadi 17,49 m sehingga penurunan kehilangan fisik pada alternatif 1 menjadi 14,91% dan pada alternatif 2 menjadi 12,16%.
3. Alternatif kedua dipilih sebagai rekomendasi strategi optimasi DMA GBR III karena menghasilkan tingkat kehilangan air yang lebih rendah (12,16%), menyelamatkan air

sebanyak 107.428,2 m³/tahun dan memberikan potensi tambahan profit sebesar 217,2 juta rupiah/tahun dan terdapat potensi penambahan pelanggan sejumlah 856 SR.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla., Anis, M. Ahmad., Shamim., Middlebrooks, E. Joe. (1980): Water Supply Engineering Design. Ann Arbor Science: United State of America
- Mays,Larry W.(1999).*Water Distribution System Handbook*.McGrow Hill Company.Arizona.USA
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., dan Singh, S. 2008. “*Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer: Panduan untuk Memahami Kehilangan Air*”.
- (N. van Dijk, V. Raksakulthai, & E. Kirkwood, ed.). USAID.
- Thornton, J. (2003). Managing Leakage by Managing Pressure: A Practical Approach. Water 21, October 20, 1–2.
- Thornton, J., Sturm, R., & Kunkel, G. (2008). Water Loss Control.
- Rizki, M. S. (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)*. 25714003.
- BPSDM. (2018). “*Modul Air Tak Berekening (NRW)*”. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Setianingsih M and Karnaningroem N (2019). IPTEK Journal of Proceeding Series 5 th (Surabaya: ITS)
- Sari, D. R. (n.d.). *Kajian Fluktuasi Pemakaian Air Bersih Pada Gedung Perkantoran Di Surabaya the Fluctuation Study of Water Consumption At Three Office Buildings in Surabaya*. 1–8.
- Adrial M., Eddy S.Soedjono (2021). *Pengaruh Pengendalian Tekanan Aliran pada Penurunan Kehilangan Air Fisik (Studi Kasus: Perumda Air Minum Tirta Kahuripan)*
- BPKP Provinsi Jawa Barat. (2021). *Laporan Hasil Evaluasi Kinerja Perumda Air Minum Tirta Raharja*
- BPPSPAM. (2021). *Buku Kinerja BUMD Penyelenggara SPAM. Kementrian PUPR*.
- Perumda Air Minum Tirta Raharja.(2022).”*Laporan Operasional Bulan Januari - Mei 2022 Wilayah IV PERUMDA Tirta Raharja Kabupaten Bandung*”.
- Perumda Air Minum Tirta Raharja (2022). *Laporan Perkembangan Usaha s.d Triwulan II (2022)*