

**Upaya Penurunan Kehilangan Air Menggunakan Metode *Water Balance* (Teknik *Step Test - Sounding*) dan Analisis Finansial
(Studi Kasus: Graha Indah, PDAM Tirta Manggar Kota Balikpapan)**

Reducing Water Loss Based on Water Balance Method (By Using Step Test - Sounding Technique) and Financial Analysis (Case Study: Graha Indah Residence, PDAM Tirta Manggar In Balikpapan City)

Sekar Inggar Rengganis^{1*} dan Suprihanto Notodarmojo²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan, Indonesia

²Program Magister Pengelolaan Infrastruktur Air Bersih dan Sanitasi, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

*E-mail: sekar_inggar@uniba-bpn.ac.id

Abstrak. Permasalahan umum yang terjadi di pendistribusian air minum mayoritas disebabkan oleh tingginya angka kehilangan air atau *Non-Revenue Water* (NRW), seberapa pun kehilangan air yang terjadi mengakibatkan kerugian bagi PDAM Balikpapan dan berpengaruh pada kinerja perusahaan. Berdasarkan Peraturan Walikota Balikpapan Nomor: 19 Tahun 2010 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, menegaskan bahwa dalam rangka peningkatan cakupan layanan menjadi 80% dari jumlah penduduk, salah satu upaya untuk mencapai hal tersebut ialah dengan penurunan atau manajemen kehilangan air, mengingat Kota Balikpapan merupakan kota yang tumbuh menjadi kota yang besar dilihat dari lokasinya yang strategis, namun terkendala akan sumber daya air yang terbatas. Adapun tujuan penelitian kali ini ialah melakukan penurunan kehilangan air di Wilayah Graha Indah yang ditinjau dari aspek finansial yang hasil outputnya diharapkan dapat dijadikan rekomendasi bagi PDAM Tirta Manggar Kota Balikpapan dalam penurunan kehilangan air. Salah satu upaya dalam mengoptimalkan pengontrolan kehilangan air dibuat sistem DMA (*District Meter Area*). Penelitian ini berlokasi pada 2 (dua) *District Meter Area* (DMA) yakni DMA Graha Indah 1 dan DMA Graha Indah 2 yang mana pemilihan lokasi studi didasarkan pada angka kehilangan air terbesar diantara sistem DMA yang ada di Kota Balikpapan. Sistem DMA bertujuan untuk membagi wilayah sistem distribusi yang luas dan mengisolasi sistem secara hidrolis sehingga hanya memiliki 1 sistem input. Adapun kehilangan air dari hasil Laporan PDAM Kota Balikpapan tahun 2015 untuk wilayah Graha Indah sebesar 35,44%. Penelitian kali ini secara garis besar menggunakan Metode *Water Balance* (WB) yang didalamnya mencakup teknik *step test-sounding* untuk kehilangan fisik serta perbaikan kebocoran pipa, sedangkan untuk kehilangan non fisik dengan mengakurasi meter air serta menghitung indeks ILI sebagai indikator fisik jaringan perpipaan. Penelitian kali ini juga membuat simulasi jaringan menggunakan *software WaterCAD V8i*, sehingga dapat terindikasi kebocoran pipa yang didasarkan pada tekanan di sepanjang pipa yang terpantau. Dalam mengupayakan penurunan kehilangan air di Wilayah Graha Indah dibuat 3 skenario yang mana semua skenario tersisa 5% kehilangan non fisik hasil peningkatan ketelitian pembacaan meter air menggunakan aplikasi berbasis android yang merupakan upaya penurunan kehilangan non fisik dari sub komponen kesalahan penanganan data, kemudian untuk sub komponen ketidakakuratan meter air dan sambungan ilegal masuk ke dalam perhitungan dalam skenario yang direncanakan 100% penurunan kehilangan air non fisiknya dengan upaya pembaharuan meter air yang tidak akurat dan penertiban sambungan ilegal. Kemudian untuk kehilangan fisik tersisa 10%, 7,5% dan 5% pada masing-masing skenario dengan upaya penurunan kehilangan air fisik ialah dengan perbaikan kebocoran pada pipa servis di kedua DMA. Skenario terpilih didasarkan pada kelayakan finansial dengan periode analisis 5 tahun ($i = 4,98\%$). Hasil kelayakan finansial membuktikan bahwa skenario 3 merupakan skenario terpilih untuk DMA Graha Indah 1 dengan nilai NPV, BCR, dan BEP berturut-turut ialah Rp 9.430.81.135; 3,3295; 0,1086, sama halnya untuk DMA Graha Indah 2 terpilih skenario 3 dengan nilai berturut-turut ialah Rp 8.417.476.299; 2,767; 0,146.

Kata kunci: Kehilangan air, DMA, Metode WB, *Step test*, *Sounding*, Simulasi, Kelayakan finansial

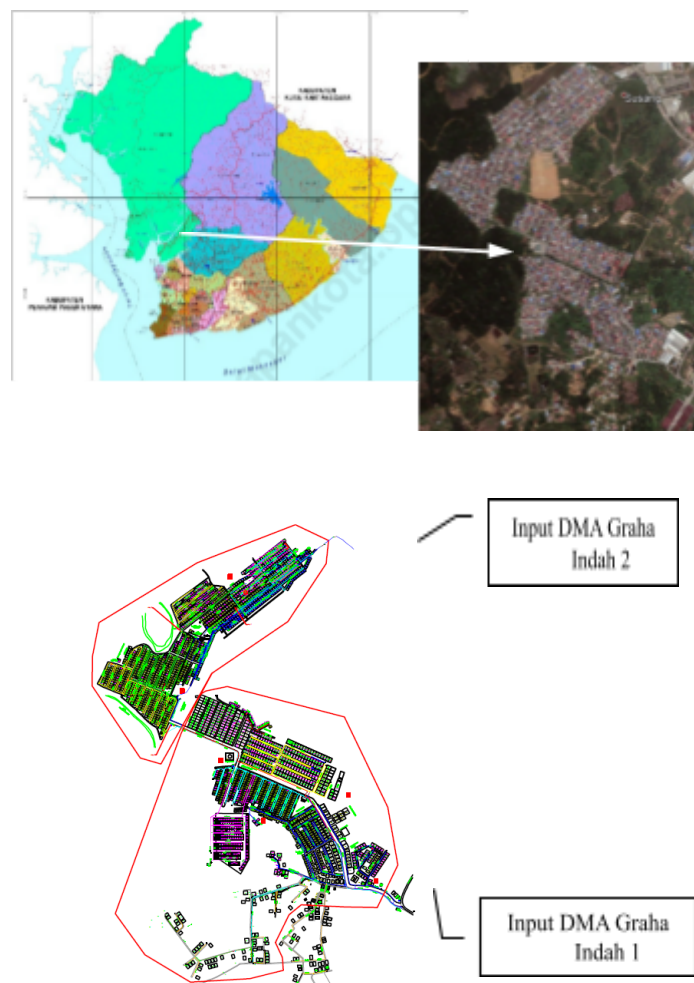
Abstract. *The most common problem that occurs in the distribution of drinking water supply caused by the high rate of water loss or Non-Revenue Water (NRW), no matter how much the water loss is, it is causing a lot of disadvantages for the PDAM and has greatly affects for the company's performance. One of the efforts of PDAM Balikpapan in improving the drinking water supply system is to establish the District Meter Area (DMA) to optimize of water loss controlling. This study is located in 2 (two) District Meter Areas (DMA) namely DMA Graha Indah 1 and DMA Graha Indah 2 where the selection of study locations is based on the largest water loss rate among DMA systems in Balikpapan City. The DMA system aims to divide a wide distribution system area and hydraulically isolate the system so that it only has 1 input system. The loss of water from the results of the Balikpapan City PDAM Report 2015 for Graha Indah residence amounted to 35.44%. This research using the Water Balance Method (WB) as the main method that consists of water meter reading, step test-sounding technique, pipe repair and also using ILI as an indicator of physical loss meanwhile for non-physical loss using water meter accuracy. This study also discusses the simulation of existing network hydraulics (using the WaterCAD software V8i) as an approach to indicate water loss based on pressure along the pipeline. In attempting to reduce water loss in the Graha Indah residence, 3 scenarios in which all scenarios left 5% non-physical loss results in increased accuracy of water meter reading using an Android-based application which is an effort to reduce non-physical loss from data component error handling sub-component, then for water meter inaccuracy and illegal connection sub-component entered into the calculation in the planned scenario 100% reduction in losses non-physical water with inaccurate efforts to renew water meters and control illegal connections. Then for the remaining physical losses of 10%, 7.5% and 5% in each scenario with efforts to reduce physical water loss is to repair leaks in service pipes in both DMA. The results of research at both DMA shows that the water loss rate is quite high, namely for DMA Graha Indah 1 46.94% or 163,012 m³ (127,159 m³ physical loss; 35,853 m³ non-physical loss) and DMA Graha Indah 2 is 59, 2% or 211,017 m³ (184,596 m³ physical loss; 26,420 m³ non-physical loss). The results obtained after the pipe repair has decreased as much as 4% for DMA Graha Indah 1 and 41.16% for DMA Graha Indah 2. The selected scenario is based on financial feasibility with a 5-year analysis period ($i = 4.98\%$). The results of financial feasibility proves that scenario 3 is a selected scenario for DMA Graha Indah 1 which NPV, BCR, and BEP values respectively Rp. 9,430,810,135; 3.3295; 0.1086 and for DMA Graha Indah 2 the chosen scenario is scenario 3 which NPV, BCR, and BEP values respectively Rp 8,417,476,299; 2.767; 0.146.*

Keywords: *Water loss, DMA, WB Method, Step test, Sounding, Simulation, Financial feasibility*

PENDAHULUAN

Kehilangan air telah menjadi permasalahan umum bagi lembaga penyedia air seperti halnya PDAM. Kehilangan air dapat dimaknai bahwa air yang telah diproduksi tidak dapat kembali menjadi pendapatan bahkan modal untuk reinvestasi (Direktorat PSPAM, 2015). Percepatan dalam menjalankan program pengendalian kehilangan air berarti mempercepat penyelamatan investasi. Kehilangan air pada umumnya terbagi menjadi 3 kondisi yaitu konsumsi resmi tak berekening, kehilangan komersil atau non fisik, dan kehilangan fisik (BPPSPAM, 2009). Permasalahan internal dalam jaringan pada umumnya disebabkan oleh usia jaringan pipa, frekuensi kebocoran yang tinggi hingga mengakibatkan gangguan layanan, jumlah kehilangan air yang besar dan memerlukan biaya produksi dan perawatan (Candelieri dkk, 2014). Kehilangan air dalam sistem distribusi berdampak pada kerugian operasional dan finansial bagi perusahaan penyedia jasa air minum. Dalam mengontrol tingginya angka kehilangan air dan berikut adalah strategi yang perlu dirumuskan dalam menurunkan angka kehilangan air (Rakhmad, 2017).

PDAM Tirta Manggar sebagai pihak penyelenggara SPAM Kota Balikpapan memiliki komitmen dalam mengontrol kehilangan air yang terjadi, salah satunya ialah pembentukan zona atau *District Meter Area* (DMA). PDAM Kota Balikpapan saat ini salah satunya berfokus pada meminimalisir kehilangan air yang terjadi di sistem pelayanan dengan membentuk Sub Bagian Pengendalian Kehilangan Air (Subbag PKA) yang merupakan salah satu bagian dalam merancang dan merencanakan sistem zona atau DMA. Wilayah Graha Indah (lihat pada Gambar 1) dahulu merupakan salah satu lokasi percontohan DMA di Kota Balikpapan pada tahun 2014, namun seiring berjalan waktu di Wilayah Graha Indah terbagi menjadi 2 DMA yakni DMA Graha Indah 1 dan DMA Graha Indah 2 terbentuk pada bulan Maret tahun 2019 (PDAM Kota Balikpapan, 2019).



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Wilayah Graha Indah

Kehilangan air di kedua DMA tersebut diatas angka 45% dan tentu hal ini merugikan kedua belah pihak yakni PDAM Kota Balikpapan karena besarnya air tersebut tidak kembali menjadi pendapatan bagi PDAM dan menggambarkan inefisiensi dari pelayanan air minum dan dari sisi konsumen juga berdampak negatif karena berakibat

pada penurunan secara kualitas dan kuantitas, serta pengaliran air yang tidak kontinyu. Kehilangan air ialah selisih antara jumlah total air yang masuk ke dalam jaringan distribusi dari sebuah pengolahan air minum dengan jumlah air yang ditagih atau terkonsumsi ke pelanggan (Fanner, 2008). Kehilangan air dapat dibagi menjadi kehilangan fisik akibat kebocoran pipa dan kehilangan non fisik dikarenakan ketidakakuratan meter air, sambungan ilegal, dan kesalahan dalam membaca besar konsumsi dalam meteran air (Silva, 2018). Masalah-masalah yang kerap dihadapi antara lain baik segi komersil seperti ketidakakuratan meter air, terdapat sambungan ilegal atau *by pass*, dan kesalahan penanganan data oleh pegawai pegawai PDAM, selain itu juga dari segi fisik diakibatkan umur perpipaan yang sangat lama, rapuhnya jaringan pipa, serta tingkat kebocoran pipa yang tinggi berakibat pada adanya gangguan layanan air ke masyarakat. Hal ini tentu akan berakibat pula pada besarnya kebutuhan akan biaya produksi dan perawatan guna memenuhi kebutuhan dan target yang ingin dicapai PDAM (Sya'bani, 2016).

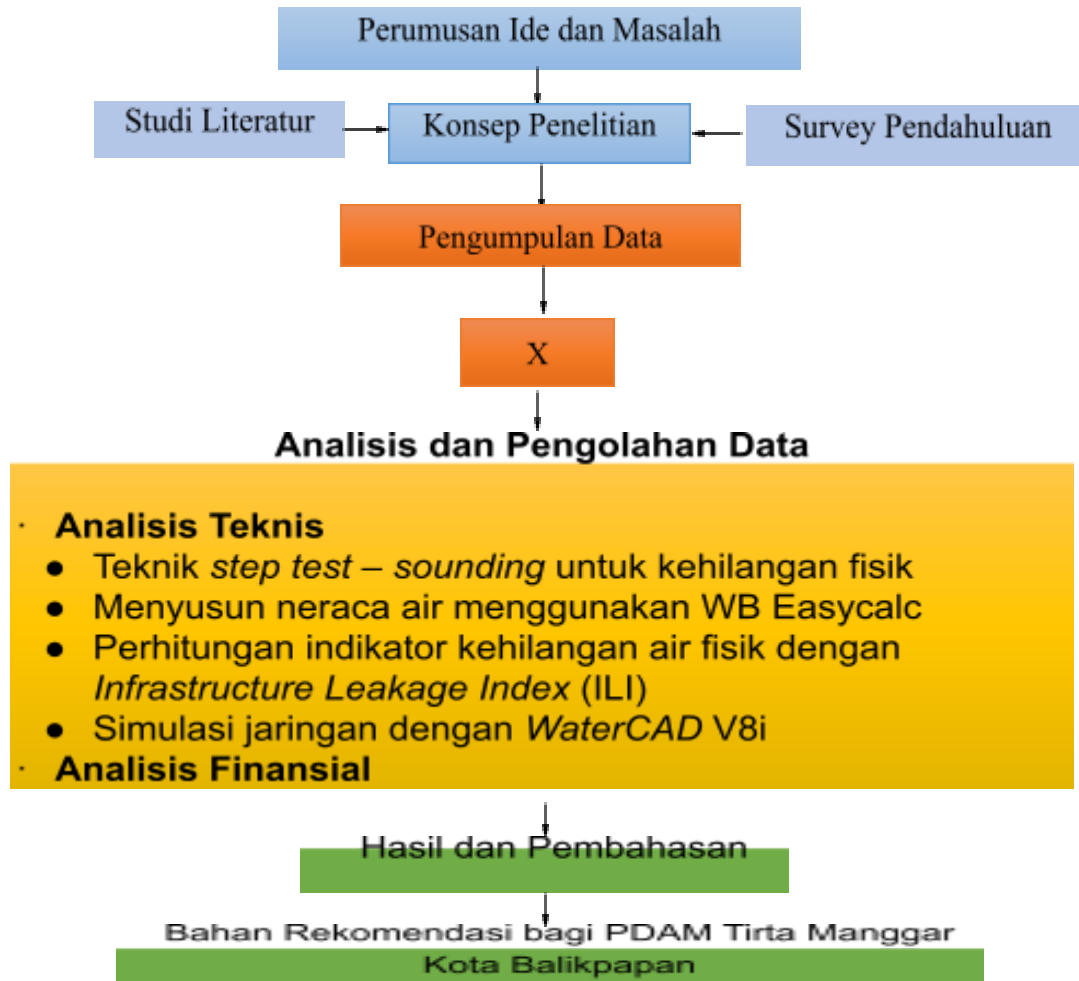
Ditinjau dari aspek teknis menggunakan metode Neraca Air atau *Water Balance* (WB) yang bertujuan untuk mengetahui angka kehilangan air dengan menghitung selisih antara volume sistem input dengan air yang terkonsumsi masyarakat. Menurut modul Air Tak Berekening yang dikeluarkan oleh Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (PSPAM) Kementerian PU bahwa dalam metode WB dilakukan sebanyak 3 kali yakni WB *Zero* (WB0) untuk kehilangan air awal (*starting point*), WB *One* (WB1) untuk kegiatan pasca pembaharuan meter air (kehilangan non fisik) serta WB *Two* (WB2) untuk kegiatan pasca penanganan kebocoran pipa (kehilangan fisik) (Direktorat PSPAM, 2015). Berdasarkan hal tersebut, penelitian kali ini dilakukan kegiatan WB sebanyak 2 kali yakni WB0 dan WB1, namun untuk WB1 kali ini dilakukan pasca kegiatan penanganan kebocoran pipa mengingat adanya beberapa keterbatasan untuk kegiatan pembaharuan meter air pelanggan yang tidak akurat. Dalam tingkat penurunan kehilangan air terdapat perbandingan jumlah kehilangan air dengan tingkat ekonomis yang dalam artian manfaat yang diperoleh akan lebih kecil dibandingkan biaya penurunan kehilangan air (BPPSPAM, 2009).

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang pertama untuk mengetahui jumlah kehilangan air awal pada tiap komponen kehilangan air di Wilayah Graha Indah, yang kedua ialah untuk mengetahui seberapa besar penurunan kehilangan fisik pasca penanganan perbaikan kebocoran pipa, selanjutnya yang ketiga ialah merupakan tujuan utama yakni melihat kelayakan finansial dari upaya penurunan kehilangan air melalui 3 skenario yang direncanakan. Tujuan dilakukan analisis kelayakan finansial adalah untuk menghindari ketelanjuran penanaman modal yang terlalu besar untuk kegiatan yang ternyata tidak menguntungkan. Aspek finansial berkaitan dengan penentuan kebutuhan jumlah dana dan sekaligus alokasinya serta mencari sumber dana yang berkaitan secara efisien sehingga memberikan keuntungan maksimal (Silahahi, 2017).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terbagi ke dalam beberapa metode analisis yaitu analisis kehilangan air, simulasi jaringan untuk mendapatkan gambaran kebocoran yang terjadi dilihat dari

penurunan tekanan yang drastis (*pressure drop*), dan analisis finansial. Diagram alir penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Adapun 3 skenario yang direncanakan untuk dilihat kelayakan finansialnya yakni:

Skenario 1: Tersisa 5% kehilangan air non fisik dan tersisa 10% kehilangan air fisik

Skenario 2: Tersisa 5% kehilangan air non fisik dan tersisa 7,5% kehilangan air fisik

Skenario 3: Tersisa 5% kehilangan air non fisik dan tersisa 5% kehilangan air fisik

Dalam semua skenario tersisa 5% kehilangan non fisik dari sub-komponen kehilangan non fisik yakni pembacaan meter yang mana sebagai upaya penurunan kehilangan non fisik dilakukan peningkatan ketelitian pembacaan meter air dengan menggunakan aplikasi pembacaan meter berbasis android, namun dari upaya tersebut masih terdapat tingkat kesalahan sebesar 5% (*margin error*), selanjutnya untuk komponen lain yakni ketidak akuratan meter air direncanakan pembaharuan sejumlah meter air yang tidak akurat serta 100% penertiban sambungan ilegal. Adapun untuk kehilangan fisik yang

menjadi pembeda diantara 3 skenario tersebut, diasumsikan kehilangan fisik diakibatkan kebocoran pipa servis sehingga penanganan kebocoran ialah dengan penggantian pipa servis yang bocor di kedua DMA Graha Indah.

Analisis Kehilangan Air (Metode *Water Balance*)

Sebagai langkah awal, dilakukan pengumpulan data sekunder yang didukung dengan data primer hasil pengukuran dan observasi lapangan. Data primer yang dikumpulkan terdiri dari data volume input sistem DMA, volume air dikonsumsi pelanggan, data kehilangan air fisik (*step test* dan *sounding*), data akurasi meter air dan data rekaman tekanan air. Adapun data sekunder terdiri dari peta administrasi Kota Balikpapan, peta skematik sistem DMA, peta kontur Kota Balikpapan, data pelanggan dan SR, dan Analisis Harga Satuan (AHS) yang didapatkan dari PDAM Kota Balikpapan.

Dalam kegiatan WB terdapat beberapa teknik pengambilan data untuk kehilangan fisik yakni teknik *step test* dan *sounding*. Teknik *step test* merupakan suatu metode dalam mempersempit wilayah kebocoran pipa selama waktu Aliran Malam Minimum (AMM) pukul 22.00 – 02.00 ketika tidak ada pemakaian air oleh pelanggan dan dilakukan dalam sub zona (zona *step test*) yang mana ruas pipa dibatasi oleh *valve step*. Kemudian dilanjutkan dengan teknik *sounding* yang berfungsi untuk mencari titik lokasi kebocoran menggunakan *leak detector* dengan mengutamakan kepekaan pendengaran. Setelah proses pengumpulan data selesai dilakukan input data ke dalam *software WBeasycalc* untuk WB0 dan WB1 pasca penanganan kebocoran pipa untuk beberapa kolom yaitu volume sistem input, konsumsi bermeter berekening, konsumsi tak resmi, ketidakakuratan meter air/kesalahan penanganan data, serta data teknis. Setelah proses input selesai maka *software* akan langsung menampilkan tabel hasil perhitungan neraca air sesuai periode pelaksanaan yang kemudian dikonversi menjadi periode tahunan. Hasil ini kemudian dijadikan dasar pertimbangan finansial dalam program kehilangan air.

Simulasi Jaringan *Software WaterCAD V8i*

Sistem jaringan distribusi air Wilayah Graha Indah disimulasikan ke dalam satu model menggunakan *software WaterCAD V8i*. Karakteristik model simulasi meliputi komponen fisik dan non fisik jaringan distribusi. Komponen jaringan distribusi meliputi: perpipaan, *node/junction*, *reservoir*, sedangkan untuk komponen non fisik meliputi kebutuhan air tiap *node (base demand)*, *head pattern*, *flow pattern*, dan persamaan hidrolis yang digunakan. Simulasi jaringan dikalibrasi dengan hasil rekaman tekanan di beberapa titik kritis sehingga simulasi mendekati kondisi sistem di lapangan pada lokasi dan waktu yang sama. Semakin kecil eror atau nilai *fitness* maka semakin baik simulasi dalam model tersebut menggambarkan keadaan riil. Setelah simulasi jaringan dinyatakan valid, maka proses selanjutnya ialah melihat dari titik pengamatan keadaan tekanan yang terjadi di sepanjang ruas pipa, apabila terjadi penurunan kehilangan tekanan yang cukup drastis (dibandingkan pula dengan kontur di area tersebut) maka kemungkinan terjadi kebocoran di ruas pipa tersebut.

Analisis Finansial

Langkah awal dalam melakukan analisis finansial ialah menginventaris kebutuhan biaya investasi, biaya operasional, dan pendapatan dari masing-masing skenario yang direncanakan. Analisis finansial dilakukan selama periode analisis 5 tahun dengan maksud upaya penurunan tersebut dilakukan dalam waktu sesingkat-singkatnya, adapun hasil analisis finansial dalam penelitian ini yang mencakup proyeksi *cashflow* selama periode operasional dan valuasi kelayakan proyek dengan parameter *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), dan *Break Even Point* (BEP).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kehilangan Air

Total pelanggan terlayani di Wilayah Graha Indah berjumlah 2196 SR yang terbagi atas 1116 SR pada DMA Graha Indah 1 dan 1080 SR di DMA Graha Indah 2. Sesuai dengan kriteria agar dalam penelitian lebih memudahkan dan meminimalisir tingkat kesalahan bahwa kedua DMA telah memenuhi syarat yakni sebagai sistem DMA sempurna dan jam pengaliran tidak *intermitten* (kontinyu 24 jam 7 hari). Berdasarkan hasil *software* WB Easycalc baik hasil kegiatan WB0 dan WB1, didapatkan ilustrasi hasil perhitungan neraca air seperti yang terlihat pada Gambar 3.

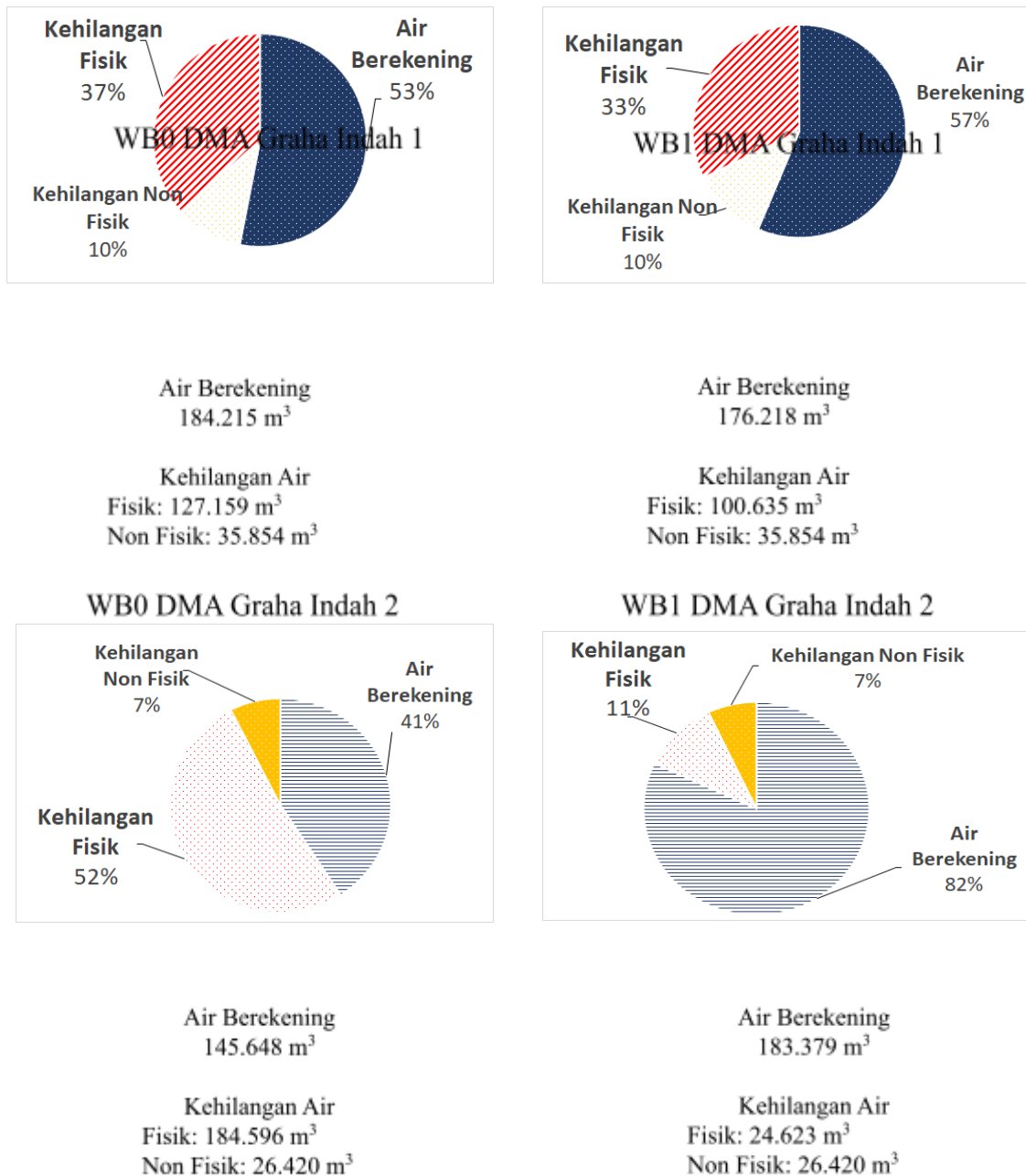
Berdasarkan Gambar 3, dapat terlihat perbedaan hasil kehilangan air di kedua DMA terjadi penurunan untuk kehilangan air fisik yang diakibatkan oleh kebocoran pada pipa distribusi maupun pipa servis pelanggan yang mana untuk DMA Graha Indah 1 menurun sebanyak 4% kehilangan fisik dan DMA Graha Indah 2 kehilangan fisik menurun sebesar 41%. Perbedaan yang signifikan antara penurunan kehilangan air fisik di kedua DMA tersebut dikarenakan perbaikan pipa yang bocor pada DMA Graha Indah 2 merupakan pipa distribusi sekunder yakni pipa T sok ukuran 4" ke 3", sedangkan untuk DMA Graha Indah 1 perbaikan pipa bocor hanya pada pipa-pipa servis, sehingga jumlah kebocoran tidak sebesar pada kebocoran pipa sekunder di DMA Graha Indah 2. Sementara itu, untuk kehilangan non fisik disebabkan oleh ketidakakuratan meter pelanggan, sambungan ilegal, dan kesalahan penanganan data tetap pada nilai yang sama dikarenakan terdapat keterbatasan untuk menurunkan kehilangan tersebut, khususnya dalam komponen meter air yang tidak akurat untuk memperbaharui semua meter air, namun diupayakan dalam skenario penurunan kehilangan air selama periode perencanaan. Walaupun telah dilakukan upaya penurunan kehilangan air secara fisik namun, dikarenakan masih cukup tingginya kehilangan air di kedua DMA tersebut mengakibatkan PDAM Kota Balikpapan mengalami kerugian dengan total senilai **Rp 1.502.518.020** tahun 2019.

Hasil Simulasi Jaringan

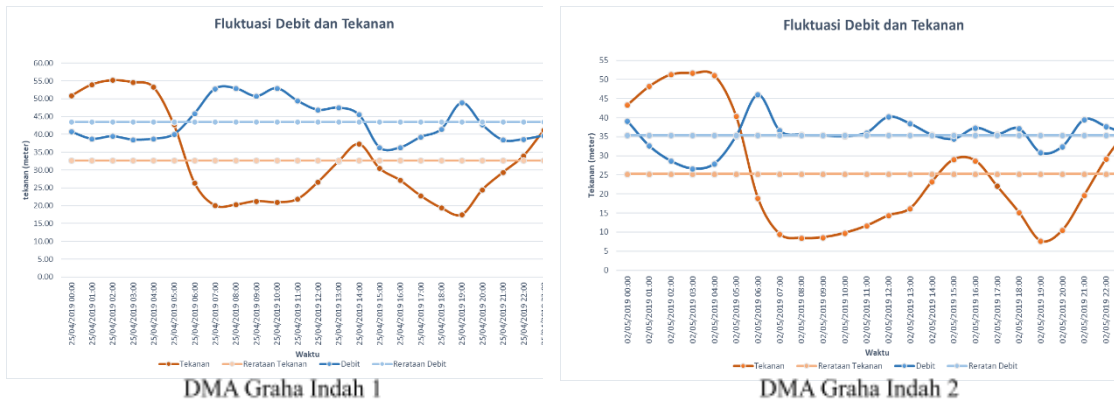
Setiap wilayah atau daerah aliran memiliki pola fluktuasi debit dan tekanan masing-masing tergantung pada pola konsumsi air di wilayah tersebut, dari data

lapangan tergambar pola debit dan tekanan di kedua DMA yang dapat dilihat pada Gambar 4.

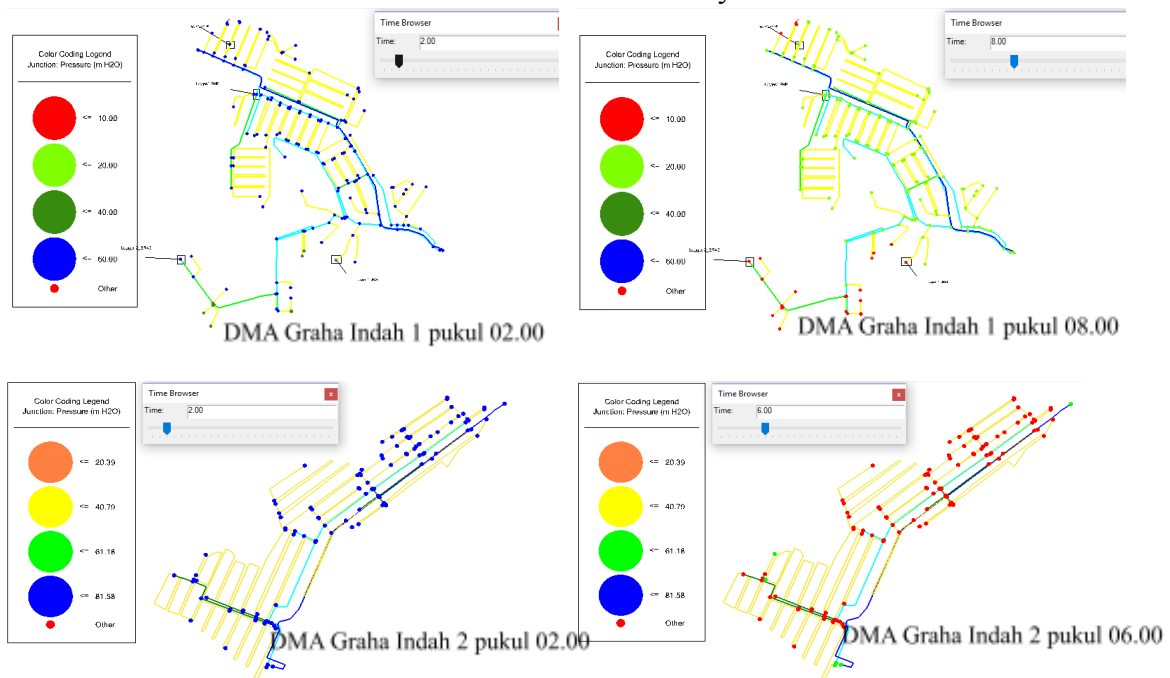
Analisis hidrolika jaringan dari hasil simulasi *WaterCAD* V8i dilakukan berdasarkan parameter tekanan dan kecepatan aliran (Permen PU No. 18 Tahun 2007) yakni pada jam-jam kritis yakni pada jam minimum pukul 02.00 pagi dan jam puncak pada pukul 06.00 pagi dan 08.00 pagi, maka didapatkan hasil seperti yang terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 3. Hasil perhitungan neraca air (WB)



Gambar 4. Pola debit dan tekanan wilayah Graha Indah



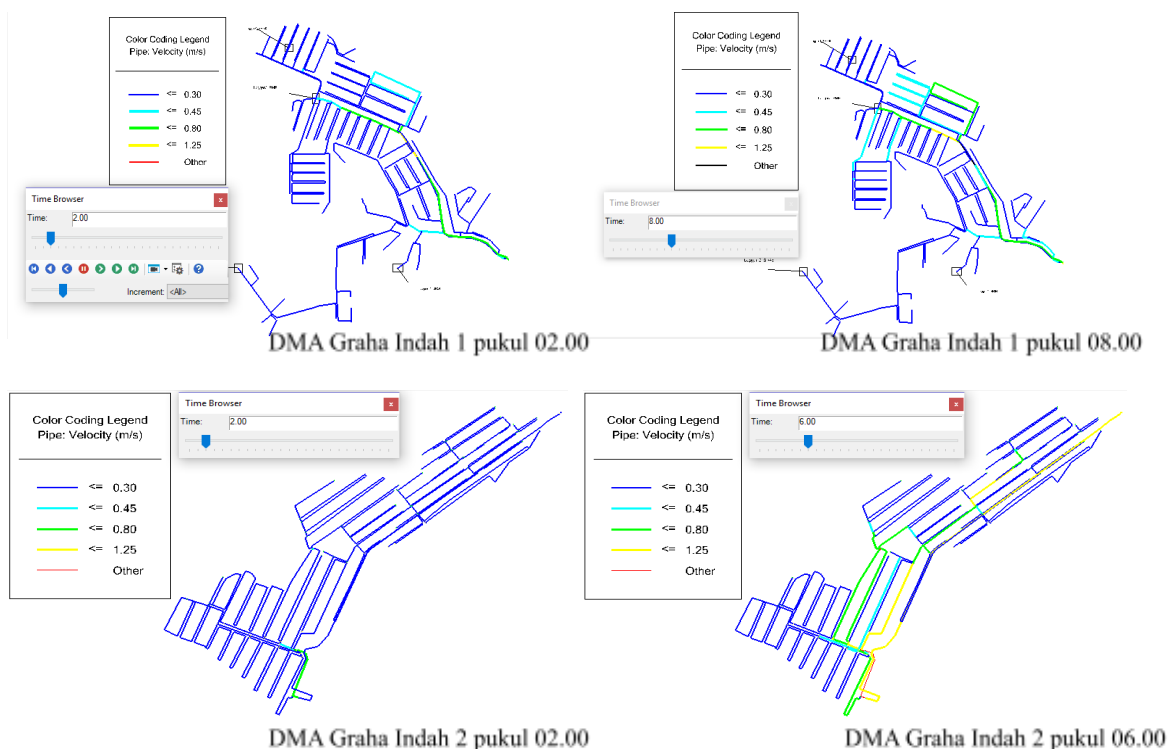
Gambar 5. Hasil simulasi tekanan model *WaterCAD* V8i

Berdasarkan hasil simulasi *WaterCAD* V8i, tekanan pada jam konsumsi minimum (pukul 02.00 pagi) di seluruh Wilayah Graha Indah rata-rata memenuhi standar Permen PU No. 18 Tahun 2007 ($>10\text{mka}$). Selanjutnya pada jam konsumsi puncak pukul 08.00 pagi di DMA Graha Indah 1 dan pukul 06.00 pagi di DMA Graha Indah 2 terjadi penurunan di hampir seluruh wilayah layanan, dapat dilihat pada DMA Graha Indah 1 terdapat beberapa titik yang memiliki tekanan di bawah standar ($<10\text{mka}$), hal ini dikarenakan lokasi tersebut berada di elevasi yang cukup tinggi yakni berkisar antara 10 m – 15 m sehingga pada konsumsi puncak tekanan pada titik-titik tersebut sangat minim. Begitu halnya dengan DMA Graha Indah 2 yang paling signifikan terjadi

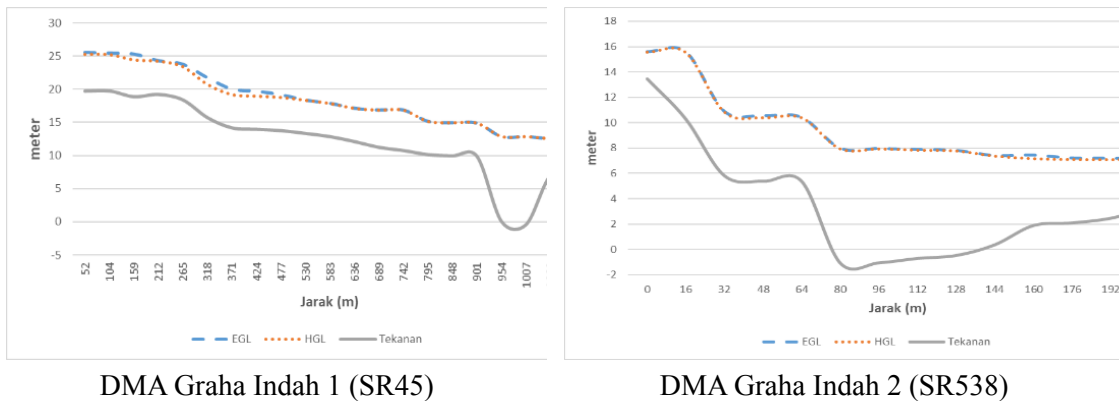
penurunan tekanan di seluruh layanan pada jam konsumsi puncak (pukul 06.00 pagi), hal ini dikarenakan adanya kehilangan fisik (kebocoran pipa).

Kemudian ditinjau dari nilai kecepatan aliran, pada DMA Graha Indah 1 sebanyak 83% jaringan perpipaan berada di bawah standar kecepatan aliran dalam pipa PVC menurut Permen PU No. 18 Tahun 2007 (0,3 m/detik – 3 m/detik) pada waktu jam konsumsi minimum (pukul 02.00) namun, menurun menjadi 78% pada jam konsumsi puncak (pukul 08.00) dan hal yang sama pada DMA Graha Indah 2, pada jam puncak (pukul 06.00) sebesar 56% kecepatan aliran pada pipa kurang dari 0,3 m/detik dan meningkat menjadi 82% pada jam minimum (pukul 02.00).

Dalam simulasi jaringan pula dapat dilakukan pendekatan untuk melihat kebocoran pada pipa yang terjadi di Wilayah Graha Indah dengan membandingkan hasil pengukuran tekanan di beberapa titik kritis. Penurunan tekanan yang cukup drastis di sepanjang ruas pipa menandakan bahwa pada titik tersebut terdapat kebocoran namun dilihat pula ketinggian atau kontur di sepanjang ruas tersebut, apabila perbedaan ketinggian tidak begitu besar namun penurunan tekanan yang terjadi sangat tinggi maka sangat dimungkinkan bahwa terjadi kebocoran pipa di ruas tersebut dan hasil dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil simulasi kecepatan model *WaterCAD V8i*

**Gambar 7.** Penurunan tekanan di titik pantau

Pada Gambar 7 dapat dilihat pada jaringan pipa di DMA Graha Indah 1, bahwa di sepanjang ruas pipa SR45 terjadi penurunan tekanan yang cukup signifikan (*pressure drop*) sebesar 13mka pada pipa berdiameter 75mm, jika ditinjau kembali di lokasi tersebut (antara J-229 dan J-223) ketinggiannya sekitar 7,8meter dan penurunan tekanan yang hampir 2 (dua) kali lipat, maka dapat disimpulkan bahwa *pressure drop* yang terjadi di sepanjang ruas pipa tersebut dikarenakan kebocoran pipa. Hal yang sama dengan titik pantau di DMA Graha Indah 2 juga terjadi *pressure drop* pada pipa 150mm (pipa utama) yang diantara J-165 dan J-15 dimana level ketinggian di area tersebut datar (*flat*) yakni 5 meter dan ketinggian masih selevel dengan titik input. Adanya penurunan tekanan sebesar 5mka pun mengindikasikan bahwa disepanjang pipa berdiameter 150mm mengalami kebocoran.

Hasil Analisis Finansial

Analisis finansial dilakukan dengan cara menginventaris biaya investasi, biaya operasional pemeliharaan (termasuk didalamnya perbaikan kebocoran pipa untuk kehilangan air fisik dan penggantian meter air serta penertiban sambungan ilegal untuk kehilangan air non fisik), pendapatan, serta pajak penghasilan di setiap skenario penurunan kehilangan air seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Berdasarkan penerapan ketiga skenario di kedua DMA, dari analisis kelayakan finansial membuktikan bahwa skenario 3 merupakan skenario dengan hasil kelayakan tertinggi (dapat dilihat pada Tabel 1).

Tabel 1. Hasil perhitungan analisis finansial ($i = 4,98\%$; 5 tahun perencanaan)

Lokasi	Skenario	NPV (Rp)	BCR	BEP	ζet.
DMA Graha Indah 1	1	9.403.254.704	3,2851	),1089	ayak
	2	9.418.899.936	3,3132	),1091	ayak
	3	9.430.810.135	3,3295	),1086	ayak

DMA Graha Indah 2	1	3.368.037.754	,740	0,143	ayak
	2	3.392.756.876	,761	0,143	ayak
	3	3.417.476.299	,767	0,146	ayak

Tabel 2. Hasil perhitungan BCR (*Intangible Benefit*)

Lokasi	Skenario	Penambahan SR	Peningkatan Konsumsi Air	Total Manfaat
DMA Graha Indah 1	1	0,645	0,477	1,122
	2	0,650	0,490	1,140
	3	0,655	0,502	1,157
DMA Graha Indah 2	1	0,049	0,588	0,636
	2	0,050	0,606	0,656
	3	0,052	0,625	0,676

Dapat dilihat pada Tabel 1, kelayakan NPV di kedua DMA bahwa **Skenario 3** yang paling layak secara finansial yakni dengan perolehan Rp 9.430.810.135 untuk DMA Graha Indah 1 dan Rp 8.417.476.299 untuk DMA Graha Indah 2. Sama halnya dengan BCR di kedua DMA menunjukkan manfaat terbesar ada pada skenario 3 yakni 3,3295 pada DMA Graha Indah 1 dan 2,767 pada DMA Graha Indah 2. Untuk BEP pada kedua DMA juga lebih kecil nilai yang didapatkan, hal ini menjelaskan bahwa skenario 3 lebih cepat dalam proyeksi waktu yang dibutuhkan dalam pengembalian modal.

Sama halnya dengan BCR (*tangible benefit*) DMA, adapun analisis manfaat yang tidak langsung terukur dengan uang (*intangible benefit*) didapatkan dari parameter pertambahan SR baru dan peningkatan konsumsi air. Pertambahan SR baru merupakan suatu pendekatan atau konversi dari jumlah air yang terselamatkan, jika di DMA Graha Indah 1 selama tahun 2019 jumlah air yang dapat diselamatkan sebesar 26.354 m³, maka jumlah air tersebut mampu untuk mengakomodasi penambahan SR sebanyak 84 SR baru, begitu pula dengan skenario-skenario lain pada kedua DMA Graha Indah. Kemudian, dari banyaknya penambahan SR baru dari tahun 2019 sampai 2024 dihitung nilai PV pendapatan dan PV biaya sehingga akan didapatkan nilai manfaat dari penambahan SR sebesar 0,645. Sama halnya dengan peningkatan volume konsumsi air, besar air yang dapat diselamatkan selama tahun 2019 di DMA Graha Indah skenario 1 sebesar 26.354 m³, sehingga setiap SR terpasang mengalami peningkatan debit air sebesar 0,0008 liter/detik. Kemudian, dari besarnya kenaikan debit tiap SR terpasang dari tahun 2019 sampai 2024 dihitung nilai PV pendapatan dan PV biaya sehingga akan didapatkan nilai manfaat dari peningkatan konsumsi air sebesar 0,477.

KESIMPULAN

Wilayah Graha Indah memiliki kehilangan air awal sebesar 47% (163.012 m^3) untuk DMA Graha Indah 1 dan 59% (211.016 m^3) untuk DMA Graha Indah 2 dan terjadi penurunan kehilangan air pasca perbaikan kebocoran pipa di kedua DMA yakni untuk DMA Graha Indah 1 turun 4% menjadi 100.625 m^3 dan DMA Graha Indah 2 turun 41% menjadi 24.623 m^3 . Terdapat 3 skenario upaya penurunan dengan kehilangan non fisik tersisa 5% dan kehilangan masing-masing tersisa 10%, 7,5%, dan 5% yang ditinjau dari aspek finansial yang mana dari ketiga skenario didapatkan hasil kelayakan finansial parameter NPV berturut-turut untuk DMA Graha Indah 1 ialah Rp 9.403.254.704; Rp 9.418.899.936; Rp 9.430.810.135 dan untuk DMA Graha Indah 2 yakni Rp 8.368.037.754; Rp 8.392.756.876; Rp 8.417.476.299. BCR berturut-turut untuk DMA Graha Indah 1 ialah 3,2851; 3,3132; 3,3295 dan untuk DMA Graha Indah 2 yakni 2,740; 2,761; 2,767 serta untuk parameter BEP pada DMA Graha Indah 1 berturut-turut ialah 0,1089; 0,1091; 0,1086 dan untuk DMA Graha Indah 2 yakni 0,143; 0,143; 0,146. Berdasarkan kelayakan finansial, maka dipilihlah **Skenario 3** sebagai skenario terpilih dikarenakan menghasilkan lebih besar keuntungan dan manfaat penurunan kehilangan air dan hasil akan menjadi bahan rekomendasi bagi PDAM Kota Balikpapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). (2009): *Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW atau Air Tak Berekening (ATR))*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta-Indonesia.
- Candilieri, A., Conti D., dan Archetti, F. (2014): *A Graph Based Analysis of Leak Localization In Urban Water Networks*. *Procedia Engineering*. Volume 70: 228 – 237.
- Direktorat Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (PSPAM). (2015): *Modul Non Revenue Water (NRW) Jilid 2*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta-Indonesia.
- Fanner, P. (2008): *Water Distribution: Non-Revenue Water Reduction, Contracts and Illustrate Examples. Accadueo 2008-Bologna*. Water Loss Control Committee: Amerika Serikat.
- PDAM Kota Balikpapan. (2019): *Laporan Bulanan Sub Bagian Pengendalian Kehilangan Air*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Rakhmad, A. Noor. dan Masduqi, A. (2017): Water Losses Management in Water Supply Company of Tabalong Regency. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 8(2)96-99, 2018. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya-Indonesia.
- Silalahi, R. (2017): *Materi 8 Ekonomi Finansial*. Diperoleh melalui situs internet: <http://rizkylrs.lecture.ub.ac.id/files/2017/05/materi-8-ekonomi-finansial.pdf>. Diunduh pada tanggal 27 September 2018.
- Silva, M. Almeida, Amado, C., Loureiro, D. (2018): *Propagation of Uncertainty in the Water Balance Calculation in Urban Water Supply Systems – A New Approach Based on High-Density Regions, Measurement 126 (2018) 356-368*. National Laboratory for Civil Engineering: Lisbon-Portugal.
- Sya'bani, M. Rizki. (2016): Penerapan Jaringan Distribusi Sistem District Meter Area (DMA) dalam Optimalisasi Kehilangan Air Fisik Ditinjau dari Aspek Teknis dan Finansial (Studi Kasus:

Wilayah Layanan IPA Bengkuring PDAM Tirta Kencana Kota Samarinda). Institut Teknologi Bandung: Bandung, Indonesia.