

Penerapan Jaringan Distribusi Sistem *District Meter Area* (DMA) SPAM Semarang Barat dalam Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air Ditinjau dari Aspek Teknis dan Finansial (Studi Kasus : Area Pelayanan Reservoir Manyaran 1)

Bagus Tri Buko Nugroho*, Anik Sarminingsih, dan Budi Prasetyo Samadikun

*Department of Environmental Engineering, Universitas Diponegoro; e-mail: bagusbuko@gmail.com

ABSTRAK

Air minum merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dan sangat diperlukan dalam meningkatkan kualitas kehidupan manusia dan pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. PDAM Tirta Moedal Kota Semarang mengembangkan SPAM Semarang Barat kapasitas 1.000 lt/dt untuk memenuhi kebutuhan air wilayah Kecamatan Semarang Barat, Ngaliyan dan Tugu. Disisi lain, permasalahan teknis operasional jaringan eksisting juga menjadi tantangan tersendiri. Tingkat kehilangan air saat ini masih sebesar 40,10% menunjukkan bahwa distribusi air masih belum maksimal. Konsep DMA merupakan strategi dalam mengelola kehilangan air terutama kehilangan air fisik, yakni dengan membagi satu jaringan pasokan air terbuka menjadi zona – zona terisolasi bermeter air lebih kecil. Pada penelitian ini dilakukan kajian teknis dan finansial terkait penerapan DMA di wilayah pelayanan SPAM Semarang Barat khusus wilayah pelayanan Reservoir Manyaran 1. Berdasarkan hasil analisis *software WB EasyCalc* kehilangan air tak berekening diperkirakan sebesar 191.319 m³ atau sekitar 35,71%. Tingginya tingkat kehilangan air fisik disebabkan oleh kebocoran pipa distribusi yang terlihat maupun tidak terlihat (*background leakage*). Konsumsi resmi berekening diperkirakan 4.189.607 m³/tahun, konsumsi resmi tak berekening sebesar 7.361 m³/tahun. Kehilangan air non fisik diperkirakan sebesar 147.455 m³/tahun atau sekitar 2%, sedangkan kehilangan air fisik sekitar 2.172.896 m³/tahun atau sekitar 34%. Indeks Kebocoran Infrastruktur atau ILI distribusi Reservoir Manyaran 1 sebesar 49. Artinya perusahaan mengalami pemborosan sumber daya yang menyebabkan kerugian. Hasil analisa Epanet 2.0 menunjukkan saat jam puncak tekanan dalam jaringan perpipaan antara 30 – 70 m, tidak ada tekanan yang di bawah 10 m. Kecepatan aliran pada jam puncak berada pada rentang 0,1 – 1.0 m/dt. Kebutuhan investasi penerapan pengembangan DMA wilayah pelayanan Manyaran 1 membutuhkan biaya Rp. 18.786.292.828,- untuk pengembangan pelayanan sebanyak 5.843 SR. Penerapan DMA diperkirakan dapat menurunkan angka kebocoran hingga mencapai 20%, sehingga potensi pendapatan meningkat sebesar Rp. 26.083.764.633,-. Hasil penelitian ini memberikan gambaran DMA menjadi cara yang tepat untuk mengatasi kebocoran air.

Kata kunci: DMA, Kehilangan Air, SPAM Semarang Barat, Neraca Air, Kelayakan Teknis, Kelayakan Finansial

ABSTRACT

Drinking water is one of basic human needs that is very important to improve the quality of human life and the economic growth of a region. PDAM Tirta Moedal, Semarang City developed "SPAM Semarang Barat" 1,000 liters/sec to serve water demand in West Semarang, Ngaliyan and Tugu sub-districts. Water losses in PDAM Kota Semarang is still at 40.10%, indicating that water distribution is not optimal. DMA is a strategy in managing water loss, especially real water loss, by dividing an open water supply network into isolated zones with smaller water meter. In this study, a technical and financial study was conducted regarding the implementation of DMA in the SPAM Semarang Barat distribution specifically for the Manyaran 1 Reservoir service area. The real water loss is caused by visible or invisible leakage of distribution pipes (background leakage). The billed authorized consumption is estimated at 4,189,607 m³/year, the unbilled authorized consumption is 7,361 m³/year. Apparent water loss is estimated at 147,455 m³/year or about 2%, while real water loss is around 2,172,896 m³/year or about 34%. The Infrastructure Leakage Index or ILI for the Manyaran 1 Reservoir distribution is 49. It means that PDAM is wasting some resources, which caused losses. Epanet 2.0 shows that peak hours pressure is between 30 – 70 m, there is no pressure below 10 m. Velocity at peak hours is in the range of 0.1 – 1.0 m/s. The investment requirement for DMA development in the Manyaran 1 service area Rp. 18,786,292,828, - for development of services as much as 5,843 SR. District Meter Area in distribution system is estimated to reduce the leakage rate by up to 20%, so that the potential revenue will increase by Rp. 26,083,764,633,-. It means that DMA is one of ways to solve water leakage problem.

Keywords: DMA, Water Losses, SPAM Semarang Barat, Water Balance, Feasibility

Citation: Nugroho, Bagus Tri Buko. (2022). Penerapan Jaringan Distribusi Sistem *District Meter Area* (DMA) SPAM Semarang Barat dalam Optimalisasi Penurunan Kehilangan Air Ditinjau dari Aspek Teknis dan Finansial (Studi Kasus : Area Pelayanan Reservoir Manyaran 1). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 872-879, doi:10.14710/jil.20.4.872-879

1. Latar Belakang

Dalam rangka mencapai cakupan pelayanan 90%, PDAM Kota Semarang membutuhkan tambahan

kapasitas air minum sebesar 3.500 l/det. Saat ini, PDAM Kota Semarang sedang melaksanakan program KBPU SPAM Semarang Barat sebagai salah

satu prioritas program pembangunan air minum Kota Semarang dan salah satu upaya dalam rangka mencapai target cakupan pelayanan air minum. SPAM Semarang Barat direncanakan dengan kapasitas 1.000 lt/dt untuk memenuhi kebutuhan air wilayah Kecamatan Semarang Barat, Ngaliyan dan Tugu. Dalam rangka mempersiapkan penyerapan air bersih SPAM Semarang Barat, maka PDAM Tirta Moedal Kota Semarang melakukan perencanaan jaringan distribusi sekunder dan tersier di wilayah pelayanan. Tingkat kehilangan air saat ini masih sebesar 40,10% menunjukkan bahwa distribusi air masih belum maksimal. Untuk mengendalikan tingkat kehilangan air, maka PDAM merencanakan jaringan distribusi sekunder dan tersier SPAM Semarang Barat dengan konsep *District Meter Area (DMA)*. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kehilangan air dan kondisi pengaliran air dan rencana penerapan sistem DMA di wilayah studi. Penerapan konsep DMA tersebut diharapkan dapat menekan tingkat kehilangan air di wilayah pelayanan Semarang Barat PDAM Tirta Moedal Kota Semarang, khususnya Zona Manyaran 1.

Kehilangan Air

Penyebab kehilangan air dapat dibagi menjadi dua yaitu kehilangan air fisik dan kehilangan air non fisik. Kehilangan air fisik adalah kehilangan air yang secara nyata terbuang dari sistem distribusi sehingga tidak dapat dimanfaatkan. Kehilangan air ini umumnya dapat terlihat secara fisik misalnya dengan adanya aliran air yang keluar dari jaringan pipa distribusi (Febriany, 2014).

Secara garis besar kerugian akibat kehilangan air dapat dikelompokkan menjadi enam yaitu Kerugian terhadap kuantitas air, kerugian kualitas air, Kerugian terhadap kontinuitas, Kerugian dari segi keuangan, Kerugian terhadap faktor sosial, Kerugian terhadap lingkungan. (Tanjung, 2013).

Penanggulangan yang dapat dilakukan untuk mengurangi besarnya NRW harus dilaksanakan sesuai dengan jenis kehilangan air yang terjadi. Kehilangan air fisik dapat ditanggulangi dengan beberapa cara yaitu dengan melakukan pembentukan DMA, penggantian aksesoris pipa, pemeliharaan jaringan pipa, dan mempercepat waktu perbaikan serta mengendalikan tekanan. Sedangkan kehilangan air non fisik dapat ditanggulangi dengan cara melakukan kalibrasi dan penggantian water meter, memberikan pelatihan untuk pegawai, memberikan sanksi bagi pelaku tindakan ilegal dan melakukan survei rumah ke rumah (Yekti et al., 2019).

Strategi pengendalian kehilangan air non fisik pada distribusi air bersih merupakan hal yang lebih mudah dilaksanakan jika dibandingkan dengan mengurangi kehilangan fisik karena tidak perlu melakukan penanggulangan secara teknis. Kegiatan yang dapat dilakukan untuk menanggulangi kehilangan air non fisik antara lain yaitu penertiban

sambungan ilegal atau konsumsi yang tidak sah, penanganan audit akurasi meter pelanggan, penanganan ketelitian pembacaan meter dan transfer data untuk penagihan (Imsawan el-Ahmady & Sembiring, 2014).

District Meter Area (DMA)

District Meter Area (DMA) merupakan suatu cara penurunan kehilangan air dengan cara membagi satu jaringan pasokan air menjadi zona-zona kawasan bermeter. DMA bertujuan untuk mendeteksi suatu kebocoran pada suatu bagian sistem jaringan distribusi yang difokuskan menjadi satu wilayah deteksi kebocoran. Dengan kata lain, suatu daerah jaringan distribusi diisolasi untuk melihat potensi terjadinya kebocoran di daerah tersebut (Farley et al., 2008).

Konsep *District Meter Area (DMA)* merupakan sebuah strategi dalam mengelola kehilangan air yakni dengan membagi jaringan distribusi menjadi zona - zona terisolasi dengan meter air yang lebih kecil. Penerapan konsep DMA pada jaringan distribusi memungkinkan PDAM untuk dapat memahami jaringan secara lebih baik terutama dalam menganalisa aliran dan tekanan dalam pipa. Desain DMA memiliki ukuran zona layanan yang relatif kecil untuk meningkatkan kesadaran "awareness" kebocoran pipa, perbaikan kebocoran secara aktif, mempermudah operasional penurunan kehilangan air fisik yang pada akhirnya akan mempercepat penurunan angka kehilangan air fisik (Rozaq dan Iqbal, 2019).

Menurut (Farley et al., 2008), Kriteria rancangan DMA harus benar-benar diperhatikan untuk menghasilkan sistem yang efektif. Kriteria tersebut antara lain yaitu jumlah sambungan pada DMA umumnya antara 1000-2500 sambungan, jumlah katup yang harus ditutup untuk mengisolasi DMA, banyaknya meter air untuk mengukur air masuk dan air keluar (semakin sedikit meter yang diperlukan, semakin kecil biaya pembentukan), variasi permukaan tanah yang berpengaruh terhadap tekanan di dalam DMA (semakin datar kawasan, semakin stabil tekanan yang ada sehingga lebih mudah untuk membentuk kendali tekanan).

Neraca Air

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai kehilangan air yaitu dengan penyusunan neraca air. Data yang diperlukan untuk menghitung neraca air meliputi ketidak akuratan meter pelanggan, volume input, konsumsi resmi, kehilangan air, kehilangan fisik dan non-fisik. Neraca air merupakan metode perhitungan kehilangan air yang diusulkan oleh *The International Water Association (IWA)* pada tahun 2001 di Berlin. Berdasarkan tabel di atas, dapat didefinisikan yaitu air tak berekening (NRW) sebagai selisih antara volume input total pada sistem dengan konsumsi berekening (Yekti et al., 2019).

Tabel 1. Neraca Air yang Menunjukkan Komponen NRW

| | | | | |
|---------------------|----------------|-------------------------------|--|--------------------------|
| Volume Input System | Konsumsi Resmi | Konsumsi Resmi Berekening | Konsumsi Bermeter Berekening | Air Berekening |
| | | Konsumsi Resmi Tak Berekening | Konsumsi Tak Bermeter Berekening | |
| | Kehilangan Air | Kehilangan Air Non Fisik | Konsumsi Tak Resmi | Air Tak Berekening (NRW) |
| | | Kehilangan Air Fisik | Ketidakkuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data | |

| | | | |
|---------------------|----------------------|---|--------------------------|
| Volume Input System | Kehilangan Air | Kebocoran Pada Pipa Distribusi dan Transmisi | Air Tak Berekening (NRW) |
| | | Kebocoran pada Luapan Tangki-Tangki Penyimpanan Air Minum | |
| | Kehilangan Air Fisik | Kebocoran Pipa Dinas hingga Meter pelanggan | |
| | | | |

Sumber Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer

2. Metodologi Penelitian

2.1. Permodelan dengan EPANET 2.0

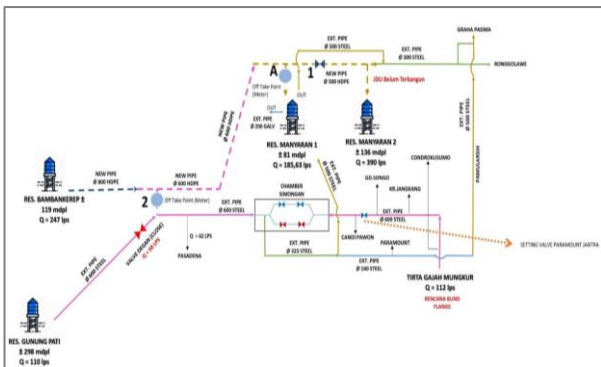
EPANET 2.0 adalah program komputer yang dapat menampilkan simulasi hidrolis dan kualitas air pada jaringan pipa bertekanan. EPANET dirancang untuk menjadi suatu alat bantu dalam melakukan penelitian/riset untuk meningkatkan pemahaman kita khususnya mengenai perilaku dan pergerakan air minum di dalam suatu sistem distribusi air minum. Ada beberapa langkah dalam pemakaian program EPANET (Kementerian PUPR, 2018):

- a. Gambar sistem jaringan distribusi air minum
- b. Edit property dari obyek yang ada pada sistem jaringan

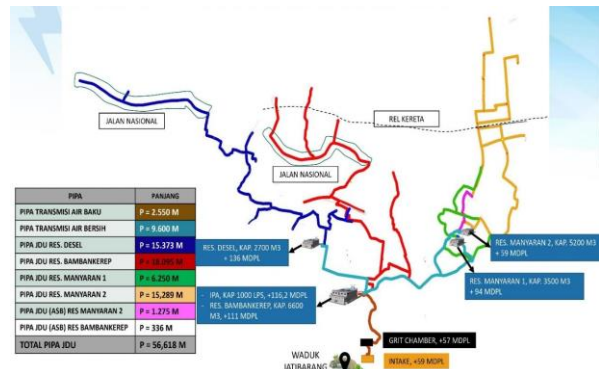
- c. Jelaskan/uraikan bagaimana sistem dioperasikan
- d. Pilih satu set pilihan analisa
- e. Jalankan analisa hidroliknya
- f. Tampilkan hasil analisa

2.2. Gambaran Umum SPAM Semarang Barat

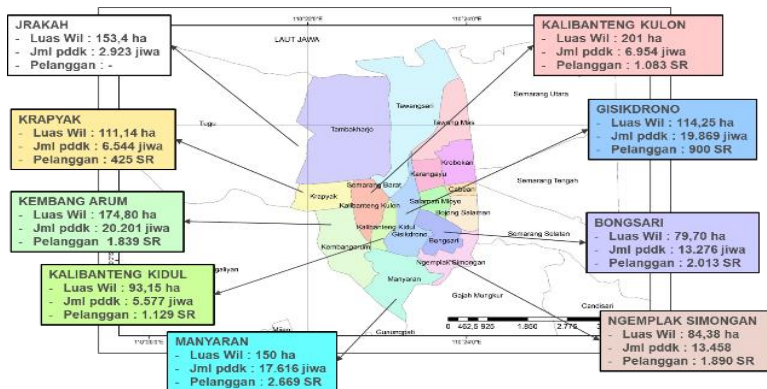
Sistem pengelolaan air minum Semarang Barat mengolah air baku untuk didistribusikan ke pelanggan secara keseluruhan berasal dari 4 reservoir yaitu : Reservoir Bambangkerap, Reservoir Manyaran 1, dan Reservoir Manyaran 2 dan juga Reservoir Desel. Reservoir Manyaran 1 merupakan Zona 4 dalam wilayah pelayanan Semarang Barat dengan kapasitas 200 lt/dt.



Gambar 1 Skema Sistem SPAM Semarang Barat
Sumber PDAM Kota Semarang, 2020



Gambar 2 Lay Out Jaringan Pipa SPAM Semarang Barat
Sumber PDAM Kota Semarang, 2022



Gambar 3. Gambaran Umum Wilayah Studi Area Pelayanan Manyaran1

Tabel 2. Panjang dan Dimensi Pipa Tiap Zona Pelayanan

| No. | Diameter Pipa (") | Reservoir | | | | Jumlah (meter) |
|--------|----------------------|-----------|-------------|------------|------------|-------------------|
| | | Desel | Banbankerep | Manyaran 1 | Manyaran 2 | |
| | | (meter) | (meter) | (meter) | (meter) | |
| 1 | 28 | - | - | - | 300 | 300 |
| 2 | 24 | - | - | - | 3032 | 3032 |
| 3 | 20 | 2545 | 864 | - | 1473 | 4882 |
| 4 | 16 | 2316 | 2911 | 1735 | - | 6962 |
| 5 | 14 | - | 1644 | - | 3475 | 5119 |
| 6 | 12 | 2240 | 1445 | 1390 | 4059 | 9134 |
| 7 | 10 | 3382 | 1654 | 1325 | 850 | 7211 |
| 8 | 8 | 1386 | 1752 | - | 1100 | 4238 |
| 9 | 6 | 1342 | 3163 | - | 1000 | 5505 |
| 10 | 4 | 2162 | 4662 | 1800 | - | 8624 |
| Jumlah | | 15373 | 18095 | 6250 | 15289 | 55007 |

Sumber PDAM Kota Semarang

2.3. Metodologi Penelitian

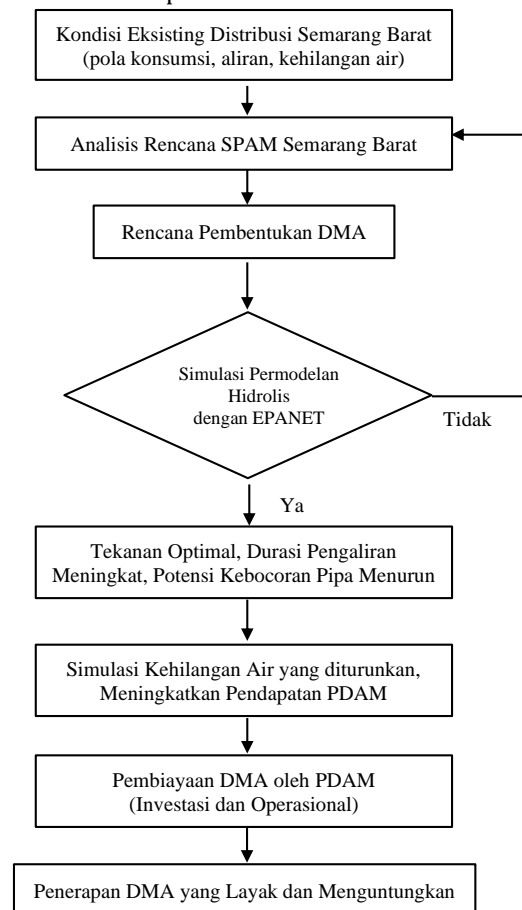
Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara yaitu berupa studi literatur, pengambilan data primer dan data sekunder. Tahapan pengumpulan data yang dilakukan antara lain studi literatur atau tinjauan kepustakaan dilakukan bertujuan untuk memperoleh data berupa rumus ataupun dasar teori yang mendukung penelitian. Sudi literatur diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, internet, jurnal, dan lainnya. Data primer yaitu berupa data yang didapatkan secara langsung saat melakukan observasi di lapangan. Adapun data yang diperlukan adalah tekanan dan akurasi meter. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari PDAM Kota Semarang.

Penerapan DMA pada jaringan distribusi sekunder dan tersier SPAM Semarang Barat diharapkan dapat menekan tingkat kehilangan air sehingga dapat memberikan keuntungan bagi PDAM. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan efisiensi yang diperoleh PDAM dengan penerapan DMA khususnya pada jaringan distribusi SPAM Semarang Barat. Metode analisa dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Analisa Hidrolika Jaringan, meliputi evaluasi jaringan eksisting dan evaluasi DMA
2. Analisa Tekanan,
3. Analisa Kehilangan Air
4. Analisa Finansial

SPAM Semarang Barat akan melayani area pelayanan eksisting (*brown field*) dan juga wilayah pengembangan baru (*green field*) yang berada di wilayah teknis Semarang Barat. Penelitian ini memberikan analisa kondisi sistem distribusi eksisting saat ini termasuk tingkat kehilangan air. Pembangunan distribusi SPAM Semarang Barat dengan konsep DMA memberikan alternatif pengembangan jaringan distribusi eksisting dengan skema optimalisasi *brown field* dan pengembangan sambungan baru *green field* serta peningkatan kapasitas produksi. Target yang ingin dicapai adalah

peningkatan pelayanan pelanggan dan penurunan kehilangan air. Berikut kerangka berfikir yang digunakan dalam penelitian ini.



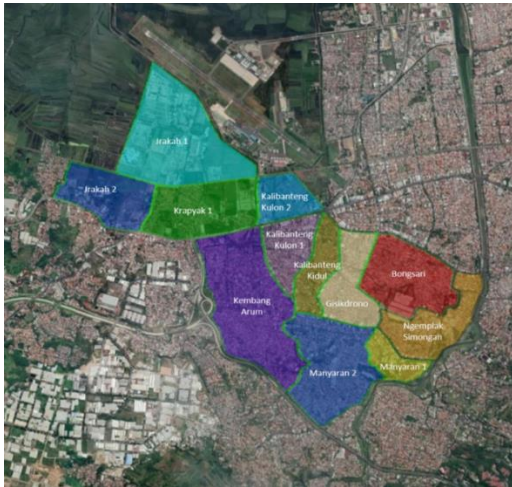
Gambar 4 Kerangka Pikir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Zonasi Pelayanan Reservoir Manyaran 1

Reservoir Manyaran 1 melayani wilayah Semarang Barat yang terbagi dalam 12 DMA dan 18 Sub DMA. Saat ini wilayah pelayanan reservoir Manyaran 1 melayani 11.247 SR eksisting. Pengembangan SPAM Semarang Barat dari sumber air Waduk Jatibarang direncanakan dapat meningkatkan pelayanan sebanyak 2.669 SR.

Kebutuhan air total untuk melayani wilayah pelayanan reservoir Manyaran 1 sebesar 198,72 lt/dt.

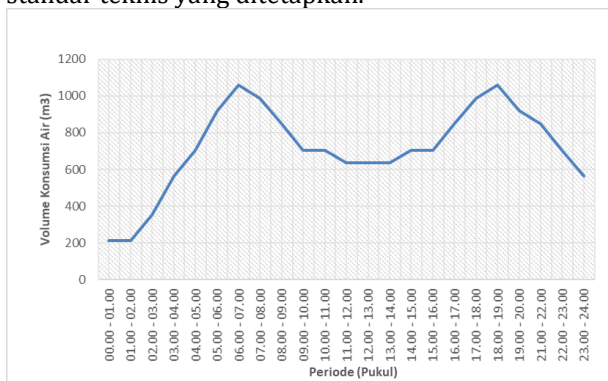


Gambar 5 Area Pelayanan Reservoir Manyaran 1

DMA Bongsari direncanakan dapat melayani 2.081 SR, DMA Grisik Drono 1 sebanyak 1.062 SR, DMA Irakah 01 sebanyak 893 SR, DMA Irakah 02 sebanyak 448 SR, DMA Kalibanteng Kidul 1.202 SR, DMA Kalibanteng Kulon 2 sebanyak 339 SR, DMA Kembangarum 2.237 SR, DMA Krapyak 1 sebanyak 916 SR, DMA Manyaran 1 sebanyak 355 SR, DMA Manyaran 2 sebanyak 1.927 SR dan DMA Ngemplak Simongan 2.412 SR. Total rencana penambahan pelayanan SPAM Semarang Barat sebanyak 2.669 SR.

3.2. Konsumsi Air Pelanggan

Puncak konsumsi air terjadi pada pukul 06.00 s.d 07.00 dengan peak factor 1,5 sedangkan konsumsi air terendah terjadi pada pukul 23.00 s.d 24.00 dengan peak factor 0,8. Berdasarkan Permen PUPR No. 27 Tahun 2016, kriteria desain faktor jam puncak pipa distribusi berada pada rentang 1,15 – 3. Dengan demikian faktor jam puncak dalam jaringan distribusi SPAM Semarang Barat zona pelayanan Reservoir Manyaran 1 ini masih berada dalam standar teknis yang ditetapkan.



Gambar 6 Grafik Konsumsi Air Pelanggan

3.3. Neraca Air

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui nilai kehilangan air yaitu dengan penyusunan neraca air. Data yang diperlukan untuk menghitung neraca air meliputi akurasi *water meter* pelanggan, volume input, konsumsi resmi, kehilangan air, kehilangan fisik dan non-fisik. Perhitungan neraca air pada penelitian ini menggunakan bantuan software analisa air *WB EasyCalc*. Data yang digunakan dalam analisa merupakan data sekunder produksi, distribusi dan NRW selama 30 hari.

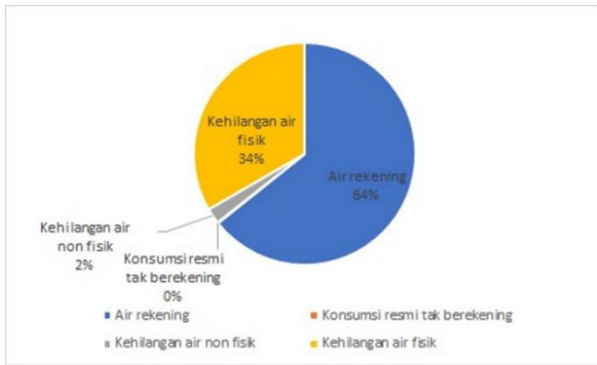
Output dari neraca air tersebut terdiri dari periode waktu harian, bulanan tahunan dan periode waktu analisis. Berdasarkan hasil analisis *software WB EasyCalc* kehilangan air tak berekening diperkirakan sebesar 191.319 m³ atau sekitar 35,71%. Tingginya tingkat kehilangan air fisik disebabkan oleh kebocoran pipa distribusi yang terlihat maupun tidak terlihat (*background leakage*), kebocoran akibat *fitting* dan sambungan pipa, kebocoran pada pipa persil akibat sambungan rumah dan meter air pelanggan. Selain itu juga masih terdapat sambungan tidak resmi pada sebagian wilayah pelayanan.

| Neraca Air dalam m ³ untuk periode 30 Hari | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|
| Volume Input Sistem 535.670 m ³ Margin Error [+/-] 5,0% | Konsumsi Resmi 344.956 m ³ Margin Error [+/-] 0,0% | Konsumsi Resmi Berekening 344.351 m ³ | Konsumsi Bermeter Berekening 344.351 m ³ | Air Berekening 344.351 m ³ | |
| | | Konsumsi Resmi Tak Berekening 605 m ³ Margin Error [+/-] 3,4% | Konsumsi Tak Bermeter Berekening 0 m ³ | | |
| | Kehilangan Air 191.319 m ³ Margin Error [+/-] 14,0% | Kehilangan Air Non-Fisik 12.120 m ³ Margin Error [+/-] 2,1% | Kehilangan Air Non-Fisik 12.120 m ³ Margin Error [+/-] 5,0% | Konsumsi Bermeter Tak Berekening 0 m ³ | Air Tak Berekening 191.319 m ³ Margin Error [+/-] 14,0% |
| | | | Kehilangan Air Fisik 179.199 m ³ Margin Error [+/-] 15,0% | Konsumsi Tak Resmi 2.592 m ³ Margin Error [+/-] 0,3% | |

Gambar 7 Neraca Air Distribusi Pelayanan Reservoir Manyaran 1 Periode Maret 2021

3.4. Neraca Air Kehilangan Air Tahunan (m³/Tahun) dan Nilai Biaya (Rp)

Kehilangan air tahunan diperoleh dari hasil perhitungan kehilangan air yang dikonversi menjadi periode satu tahun. Dengan mengetahui kehilangan air tahunan maka pendapatan PDAM dapat diperkirakan. Konsumsi resmi berekening diperkirakan 4.189.607 m³/tahun, konsumsi resmi tak berekening sebesar 7.361 m³/tahun. Kehilangan air non fisik diperkirakan sebesar 147.455 m³/tahun atau sekitar 2%, sedangkan kehilangan air fisik sekitar 2.172.896 m³/tahun atau sekitar 34%. Gambaran persentase konsumsi air berekening, tak berekening, kehilangan air fisik dan kehilangan air non fisik dapat dilihat pada tabel berikut.



Gambar 8 Persentase Konsumsi Air dan Kehilangan Air Periode Maret 2021

3.5. Perhitungan *Infrastruktur Leakage Index (ILI)*

Kebocoran Infrastruktur atau *Infrastruktur Leakage Index (ILI)* merupakan suatu indikator kehilangan fisik yang cukup baik, dihitung dengan mempertimbangkan pengelolaan jaringan distribusi tersebut. ILI merupakan satu ukuran sejauh mana jaringan distribusi dikelola dengan baik yaitu perawatan, perbaikan dan rehabilitasi jaringan untuk pengendalian kehilangan fisik.

Infrastruktur Leakage Index (ILI) dapat dianalisis dengan *software WB EasyCalc* dengan dasar perhitungan rasio Volume Tahunan Kehilangan Fisik Saat Ini (*Current Annual Volume of Physical Losses/CAPL*) terhadap Kehilangan Fisik Tahunan yang Dapat Dicapai secara Minimal (*Minimum Achievable Annual Physical Losses/MAPL*). Diketahui CAPL atau Volume tahunan kehilangan air fisik saat ini sebesar 5.953 m³/hari, sedangkan MAPL atau Volume minimum kehilangan air fisik yang dapat dicapai sebesar 112 m³/hari.

Dengan dasar perhitungan diatas, maka diketahui Indeks Kebocoran Infrastruktur atau ILI sebesar 49. Artinya perusahaan mengalami pemborosan sumber daya yang menyebabkan kerugian dari kehilangan air. Oleh karena itu program penurunan kebocoran harus menjadi prioritas pada program pengembangan SPAM khususnya Kawasan Semarang Barat Zona Manyaran 1.

Dengan dasar perhitungan diatas, maka diketahui Indeks Kebocoran Infrastruktur atau ILI sebesar 49. Artinya perusahaan mengalami pemborosan sumber daya yang menyebabkan kerugian dari kehilangan air. Oleh karena itu program penurunan kebocoran harus menjadi prioritas pada program pengembangan SPAM khususnya Kawasan Semarang Barat Zona Manyaran 1.

3.6. Simulasi Epanet 2.0

Dalam running analysis simulasi hidrolis dari model jaringan distribusi menghasilkan beberapa nilai output yaitu nilai output pada pipa berupa debit (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*), dan kehilangan

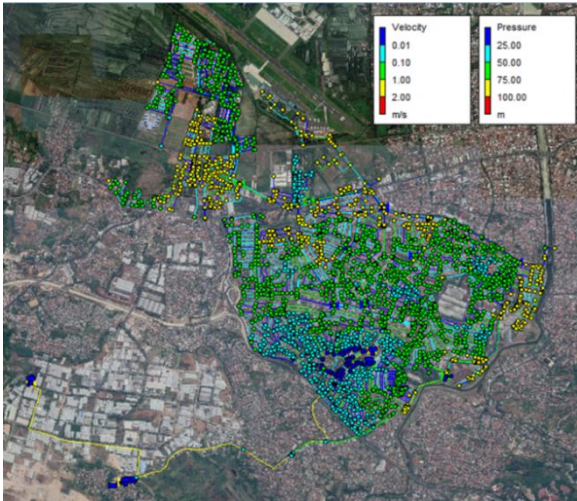
tekanan (*headloss*). Sementara itu, nilai output pada node berupa tekanan (*pressure*), total head, dan kebutuhan air actual (*actual demand*). Analisa hidrolika yang dilakukan pada penelitian ini menitikberatkan pada nilai tekanan dan kecepatan aliran pipa yang mengacu pada Permen PUPR No. 27 Tahun 2016.

Pola pemakaian air pelanggan menunjukkan waktu pemakaian air minimum terjadi pada pukul 00:00, sedangkan jam puncak pemakaian air terjadi pada pukul 07:00. Dari analisa pola pemakaian air juga diperoleh rata-rata pemakaian air terjadi pada pukul 05:00. Adapun hasil simulasi hidrolis untuk output data tekanan (*pressure*) dan kecepatan aliran (*velocity*) pada jaringan pipa distribusi zona Manyaran 1.

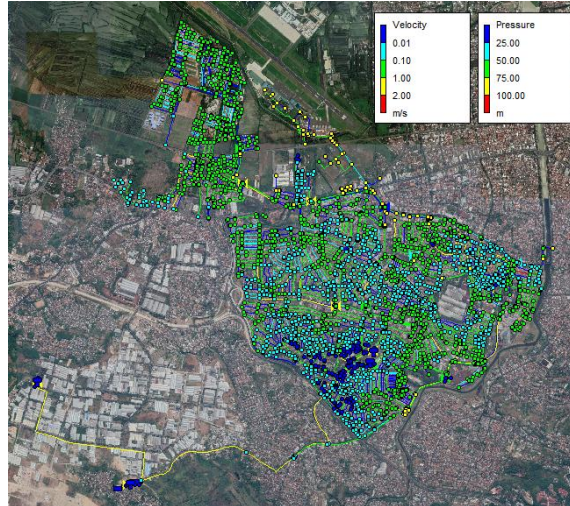
Pada kondisi jam minimum, tekanan dalam jaringan perpipaan sebagian besar antara 50 – 100 m yang ditunjukkan warna biru muda dan biru tua. Kecepatan aliran dalam pipa distribusi saat jam minimum menunjukkan kecenderungan yang lebih kecil dikarenakan pemakaian air yang rendah. Sebagian wilayah dengan pelayanan yang rendah menunjukkan kecepatan aliran di bawah 0,1 m/det. Pada jam puncak tekanan dalam jaringan perpipaan sebagian besar antara 30 – 70 m yang ditunjukkan warna hijau dan biru muda pada gambar di atas. Pada jam ini tidak ada tekanan yang di bawah 10 m. Ada sebagian kecil tekanan di atas 70 m (warna biru tua). Kecepatan aliran pada jam puncak sebagian besar berada pada rentang 0,1 – 1.0 m/det, hanya terdapat beberapa wilayah yang masih memiliki kecepatan aliran di bawah.

| Indikator Kinerja | | | | |
|---|------------------|-------------------------|-------------|------------|
| Tingkat Pelayanan | | | | |
| | Estimasi Terbaik | Margin Error [+/- %] | Batas Bawah | Batas Atas |
| Jam Pelayanan Rata-rata [jam/hari] | 19,5 | 0% | 19,5 | 19,5 |
| Tekanan Rata-rata [m] (w.s.p.) | 10,6 | 5% | 10,0 | 11,1 |
| Volume Kehilangan Air Fisik | | | | |
| | Estimasi Terbaik | Margin Error [+/- %] | Batas Bawah | Batas Atas |
| CAPL - Volume Tahunan Kehilangan Air Fisik Saat Ini [m ³ /hari] | 5.953 | 15% | 5.060 | 6.846 |
| MAPL - Volume Minimum Kehilangan Air Fisik Yang Dapat Dicapai [m ³ /hari] | 122 | 5% | 115 | 129 |
| Indikator Kinerja Kehilangan Air Fisik | | | | |
| | Estimasi Terbaik | Margin Error [+/- %] | Batas Bawah | Batas Atas |
| Indeks Kebocoran Infrastruktur (ILI) | 49 | 16% | 41 | 57 |
| Liter per Sambungan per Hari (w.s.p) w.s.p : saat jaringan bertekanan - artinya nilainya sudah disesuaikan/dikoreksi untuk suplai intermitten | 613 | 15% | 520 | 705 |
| Liter per Sambungan per Hari per meter Tekanan (w.s.p) | 58 | 16% | 49 | 67 |
| m ³ /km pipa/jam | 1,36 | 15% | 1,15 | 1,56 |

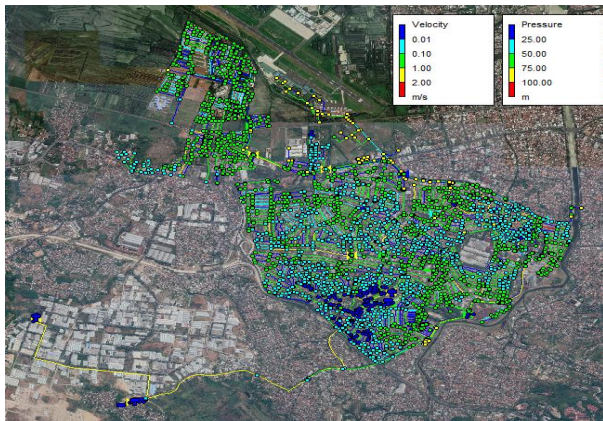
Gambar 9 Perhitungan *Infrastruktur Leakage Index (ILI)*



Gambar 10 Hasil Simulasi Kecepatan dan Tekanan Jam Minimum Pukul 00.00



Gambar 11 Hasil Simulasi Kecepatan dan Tekanan Jam Puncak Pukul 07.00



Gambar 12 Hasil Simulasi Kecepatan dan Tekanan Jam Rata-Rata Pukul 05.00

3.7. Analisa Pembiayaan

Kebutuhan investasi penerapan rencana pengembangan DMA wilayah pelayanan Manyaran 1 membutuhkan biaya total Rp. 18.786.292.828,-. Total

potensi pengembangan pelayanan sebanyak 5.843 SR. Zonasi DMA yang memiliki lebih banyak sub DMA membutuhkan biaya investasi yang lebih tinggi.

Dengan sistem eksisting yang berjalan saat ini, potensi kehilangan pendapatan PDAM akibat kebocoran di zona Manyaran 1 selama 5 tahun kedepan diperkirakan mencapai Rp. 58.688.470.425,-. Penerapan DMA diperkirakan dapat menurunkan angka kebocoran hingga mencapai 20%, sehingga potensi pendapatan meningkat sebesar Rp. 26.083.764.633,-. Total keuntungan yang diperoleh PDAM dengan penerapan DMA Zona Manyaran 1 selama rentang 5 tahun adalah Rp. 31.523.033.088,-. Berdasarkan analisa keuangan tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan rencana DMA Zona Manyaran 1 memberikan keuntungan finansial yang cukup baik bagi PDAM Kota Semarang.

Tabel 3. Potensi Pendapatan PDAM Sebelum dan Setelah Penerapan DMA Zona Manyaran 1

| No | Nama DMA | Biaya Investasi (Rp) | Kehilangan Pendapatan Akibat Kebocoran (Rp) | POTENSI PENDAPATAN Dengan DMA (Rp) | BIAYA OPERASIONAL (Rp) | KEUNTUNGAN (Rp) |
|----|--------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | DMA BONGSARI | 1,159,922,495.39 | 8,735,934,758.40 | 19,413,188,352 | 14,720,901,120 | 4,692,287,232 |
| 2 | DMA GISIKDRONO 01 | 2,643,818,242.31 | 3,898,388,736.00 | 8,663,086,080 | 6,569,164,800 | 2,093,921,280 |
| 3 | DMA JRAKAH 01 | 875,489,954.54 | 3,269,330,553.60 | 7,265,179,008 | 5,509,140,480 | 1,756,038,528 |
| 4 | DMA JRAKAH 02 | 463,301,200.37 | 1,872,407,923.20 | 4,160,906,496 | 3,155,189,760 | 1,005,716,736 |
| 5 | DMA KALIBANTENG KIDUL | 1,908,031,394.83 | 3,797,975,692.80 | 8,439,945,984 | 6,399,959,040 | 2,039,986,944 |
| 6 | DMA KALIBANTENG KULON 01 | 632,989,882.27 | 3,848,182,214.40 | 8,551,516,032 | 6,484,561,920 | 2,066,954,112 |
| 7 | DMA KALIBANTENG KULON 02 | 644,069,076.46 | 1,314,229,536.00 | 2,920,510,080 | 2,214,604,800 | 705,905,280 |
| 8 | DMA KEMBANGARUM 01 | 4,704,008,018.41 | 9,028,313,913.60 | 20,062,919,808 | 15,213,588,480 | 4,849,331,328 |
| 9 | DMA KRAPYAK 01 | 1,497,656,107.03 | 3,833,415,590.40 | 8,518,701,312 | 6,459,678,720 | 2,059,022,592 |
| 10 | DMA MANYARAN 01 | 670,060,810.87 | 1,476,662,400.00 | 3,281,472,000 | 2,488,320,000 | 793,152,000 |
| 11 | DMA MANYARAN 02 | 1,834,551,733.73 | 7,938,537,062.40 | 17,641,193,472 | 13,377,208,320 | 4,263,985,152 |
| 12 | DMA NGEMLAK SIMONGAN 01 | 1,752,393,912.60 | 9,675,092,044.80 | 21,500,204,544 | 16,303,472,640 | 5,196,731,904 |
| | Jumlah | 18,786,292,828.83 | 58,688,470,425.60 | 130,418,823,168 | 98,895,790,080 | 31,523,033,088 |

Sumber Data Diolah

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan perhitungan neraca air diperoleh angka kehilangan air sistem Manyaran 1 sebesar 35,71%. Hasil perhitungan Indeks Kebocoran Infrastruktur atau ILI sebesar 49. Artinya PDAM mengalami pemborosan sumber daya yang menyebabkan kerugian dari kehilangan air.

Pola pemakaian air pelanggan menunjukkan waktu pemakaian air minimum terjadi pada pukul 00:00, sedangkan jam puncak pemakaian air terjadi pada pukul 07:00. Berdasarkan hasil analisa Epanet, tekanan air dalam pipa distribusi pada jam minimum berada di atas 10 m sedangkan pada jam maksimum 30-70 m, memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam Permen PUPR No. 27 Tahun 2016. Sebagian wilayah dengan pelayanan yang rendah menunjukkan kecepatan aliran di bawah 0,1 m/det.

Hasil analisis finansial mendapatkan kesimpulan bahwa penerapan DMA di Zona Manyaran 1 memiliki potensi peningkatan pendapatan sebesar Rp. 26.083.764.633,- dari pada sistem tanpa DMA. Total keuntungan yang diperoleh PDAM dengan penerapan DMA Zona Manyaran 1 selama rentang 5 tahun adalah Rp. 31.523.033.088,-.

DAFTAR PUSTAKA

Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., B. M., Istandar, A. & Gingh, S. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook. A Guide to Understanding Water Losses*, 110.

- Febriany, I. E. (2014). Strategi penurunan kebocoran di sistem distribusi air bersih Kota Mataram. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan SPAM.
- Merencanakan District Meter Area (DMA). 2018. Jurnal dipresentasikan pada pelatihan Teknik Penanggulangan Kehilangan Air.
- PDAM Kota Semarang. (2020). Profil PDAM Tirta Moedal Kota Semarang. Semarang : PDAM Kota Semarang.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah. 2018. Modul Pelatihan Mata Pelatihan Air Tak Berekening. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat.
- Rozaq, A.S., & Iqbal, R. (2019). Optimalisasi Jaringan Distribusi Air Minum Menggunakan Penerapan District Meter Area (DMA) pada PDAM Kabupaten Pasaman Barat Unit Simpang Ampek. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(2), pp.19-32.
- Tanjung, Z. (2013). Kajian kehilangan air pada wilayah pelayanan PDAM (Tirta Nauli) Sibolga. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Yekti, M. I., Norken, I N., & Wentiari, N. P. R. (2019). Mitigasi Non Revenue Water (NRW) Sistem Jaringan Distribusi pada District Meter Area (DMA) Zona Kota Blahbatuh PDAM Gianyar. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(2), pp. 180-190.