

ANALISIS KONDISI EKSISTING *DISTRICT METER AREA* (DMA) SINDANG RASA PADA ZONA 1 PERUMDA TIRTA PAKUAN KOTA BOGOR

Rubby Indra Usmanto¹, Agus Slamet^{1*}, Dian Suci Hastuti²

¹Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

²Direktorat Air Minum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian PUPR

Email: rubby.indra@gmail.com, agusslamet@enviro.its.ac.id, agus.tlits@gmail.com

Abstrak

Tingkat *Non Revenue Water* (NRW) Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor berdasarkan Penilaian Kinerja Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Air Minum tahun 2020 adalah sebesar 32,00%. Tingkat NRW ini menyebabkan potensi kehilangan pendapatan sebesar 162 miliar rupiah per tahun. Program penurunan NRW telah diterapkan dengan membangun *District Meter Area* (DMA). Salah satu permasalahan tingginya NRW pada Zona 1 Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor adalah sistem DMA yang dibangun belum berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja DMA yang bermasalah pada Zona 1 Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor. DMA Sindang Rasa dipilih sebagai prioritas kajian berdasarkan pertimbangan jumlah pelanggan yang cukup besar. Analisis DMA dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting terhadap kriteria DMA yang ada dalam literatur. Analisis hidraulis jaringan pipa distribusi eksisting pada DMA dilakukan melalui pemodelan jaringan menggunakan bantuan *software EPANET 2.2*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DMA Sindang Rasa sebagian besar telah memenuhi kondisi ideal suatu DMA sesuai kriteria DMA yang ada dalam literatur. DMA ini masih memiliki titik interkoneksi lain yang tidak disertai alat pengukuran yang menyebabkan DMA Sindang Rasa belum terisolasi dengan sempurna. Jaringan distribusi eksisting DMA Sindang Rasa telah memenuhi kriteria desain tekanan, namun belum memenuhi kriteria desain kehilangan tekanan (*headloss*) dan kecepatan aliran. Peningkatan kinerja DMA Sindang Rasa dapat dicapai dengan optimasi DMA. Optimasi dilakukan dengan pemasangan alat pengukuran pada titik interkoneksi, atau penutupan salah satu titik aliran masuk ke DMA, serta penyesuaian diameter pipa jaringan distribusi eksisting supaya dapat memenuhi seluruh kriteria desain sistem distribusi.

Kata kunci: *District Meter Area*; distribusi; PDAM

Abstract

The Non Revenue Water (NRW) level of Perumda Tirta Pakuan of Bogor City based on performance appraisal conducted by the Ministry of Public Works and Housing, by 2020 is 32%. It has caused potential income losses of around 162 billion rupiahs per year. The NRW reduction program has been implemented by building District Meter Areas (DMA). One of the problems that made Zone 1 of Perumda Tirta Pakuan of Bogor City has a high NRW level is that the DMA system

that was built has not been running well. This study aims to analyze the performance of the problematic DMA in Zone 1 of Perumda Tirta Pakuan of Bogor City. Sindang Rasa DMA was chosen as the study priority based on consideration of a large number of customers. DMA analysis was done by comparing the existing conditions to DMA criteria in the literature. The hydraulic analysis of the existing distribution pipeline network in the DMA was carried out through network modeling using the EPANET 2.2 software. The results showed that DMA Sindang Rasa had met the majority ideal conditions of a DMA according to the DMA criteria in the literature. This DMA had another interconnection point that did not have measurement tools, which caused DMA Sindang Rasa still not completely isolated. The existing distribution network of Sindang Rasa DMA has met the pressure design criteria but has not met the design criteria for headloss and velocity. Sindang Rasa DMA performance improvement could be achieved by optimizing DMA. Optimization was done by installing measurement tools at the interconnection point or closing one of the inflow points to the DMA. It is also necessary to adjust the diameter of the existing distribution network pipeline in order to meet all distribution system design criteria.

Keywords: *District Meter Area; distribution; PDAM*

Pendahuluan

Permasalahan yang terjadi pada setiap Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) adalah tingginya nilai *Non Revenue Water* (NRW) yang mengakibatkan kerugian, baik bagi perusahaan penyelenggara penyediaan air minum maupun bagi masyarakat sebagai konsumen (Ditjen Cipta Karya, 2018). Tingkat NRW pada Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor berdasarkan Penilaian Kinerja Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) Air Minum tahun 2020 adalah sebesar 32,00%. Tingkat NRW tersebut berada jauh di atas target NRW Nasional yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Tahun 2020-2024, yaitu sebesar 25% pada tahun 2024. Tingginya tingkat NRW tersebut menyebabkan Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor memiliki potensi kehilangan pendapatan sebesar Rp 162.956.374.179,84 per tahun akibat NRW (Direktorat Air Minum, 2020).

Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor memiliki 7 (tujuh) zona pelayanan yang pemenuhan kebutuhan airnya dilakukan melalui SPAM yang berada pada masing-masing zona tersebut. Dilihat dari tingkat NRW untuk setiap zona pelayanan, Zona 1 merupakan zona pelayanan dengan tingkat NRW tertinggi yaitu sebesar 39,32%. Zona 1 memiliki kapasitas produksi sebesar 156 L/dt yang berasal dari Mata Air Tangkil dan IPA Cikereteg. Kapasitas produksi ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air 14.612 pelanggan yang tersebar pada 4 (empat) wilayah distribusi utama yaitu wilayah distribusi Pakuan, Dekeng, Ciawi, dan Harjasari (Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor, 2020). NRW yang terjadi pada Zona 1 merupakan kehilangan air fisik yang dipengaruhi oleh kontur tanah yang berbukit yang menyebabkan air yang didistribusikan secara gravitasi memiliki tekanan tinggi, sehingga jaringan pipa distribusi rentan terhadap kebocoran (Syahputra, 2005). Kapasitas produksi yang dimiliki Zona 1 seharusnya dapat memenuhi kebutuhan air seluruh pelanggan yang ada, namun kehilangan air yang

terjadi menyebabkan berkurangnya jumlah air yang dapat didistribusikan kepada pelanggan.

Salah satu upaya untuk menanggulangi kondisi ini adalah dengan melakukan pengendalian kehilangan air melalui manajemen tekanan (*pressure management*) (Bosco dkk., 2020; Kanakoudis & Gonelas, 2014; Lambert, 2002). Kebocoran merupakan fungsi tekanan di mana pada jaringan yang mengalami kebocoran, semakin tinggi tekanan pada jaringan maka jumlah air yang hilang akan semakin banyak (AL-Washali dkk., 2016; Pratama Putra & Nopriansyah, 2014). Manajemen tekanan lebih mudah dilakukan dengan pembagian wilayah melalui pembentukan *District Meter Area* (DMA) (Kanakoudis & Gonelas, 2014; Puust dkk., 2010). Pembentukan DMA merupakan upaya lanjutan dan berkelanjutan untuk dapat memahami, mendeteksi, dan mengukur kebocoran melalui pengukuran aliran dan tekanan secara sistematis (Farley dkk., 2008). Pengukuran aliran dan tekanan dilakukan dengan memasang meter induk, manometer, dan *data logger* pada inlet DMA. Inlet DMA juga perlu dilengkapi dengan *Pressure Reducing Valve* (PRV) yang berfungsi untuk mengatur tekanan yang masuk ke dalam DMA (Babel dkk., 2009; Krisnayanti dkk., 2013).

Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor telah melakukan inisiasi program penurunan NRW pada tahun 2015 dengan fokus pada pengendalian kehilangan air fisik. Program pengendalian kehilangan air fisik yang dilakukan diprioritaskan pada Zona 1 melalui pengendalian kebocoran secara aktif atau *Active Leakage Control* (ALC), pembentukan DMA, dan pemasangan PRV. Seiring berjalannya waktu, pelaksanaan program pengendalian kehilangan air fisik yang telah dilakukan menghadapi kendala, baik dari aspek nonteknis maupun teknis, yang menyebabkan performa program tersebut menurun. Salah satu yang perlu menjadi perhatian adalah kondisi DMA yang telah terbangun. Zona 1 saat ini baru memiliki 5 (lima) DMA terbangun dan dari seluruh DMA tersebut, hanya terdapat 1 (satu) DMA yang telah berjalan dengan optimal. DMA yang lain masih memiliki beberapa permasalahan seperti belum terisolasi dengan sempurna atau belum lengkapnya sarana yang dimiliki seperti meter induk, manometer, dan *data logger*. Hal tersebut menyebabkan pengukuran aliran air dan tekanan yang masuk ke dalam DMA menjadi tidak akurat dan berpengaruh pada hasil perhitungan tingkat kehilangan air yang terjadi. Kajian terhadap kondisi eksisting DMA diperlukan untuk memperoleh informasi pada bagian mana optimalisasi diperlukan supaya DMA yang telah terbangun pada Zona 1 dapat berfungsi dengan baik.

Sebagai langkah awal, dilakukan kajian terhadap DMA Sindang Rasa yang dipilih menjadi fokus pada penelitian ini berdasarkan pertimbangan jumlah pelanggan yang dimiliki dan kelengkapan data yang tersedia. DMA ini memiliki jumlah pelanggan sebanyak 1.369 Sambungan Langsung (SL) dengan permasalahan utama yaitu belum terisolasi secara sempurna. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap DMA Sindang Rasa untuk memperoleh gambaran kondisi eksisting DMA, sehingga diketahui pada bagian mana optimalisasi DMA perlu dilakukan. Analisis DMA dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting terhadap kriteria DMA yang ada dalam literatur. Analisis jaringan pipa distribusi eksisting pada DMA dilakukan melalui pemodelan

jaringan menggunakan bantuan *software EPANET 2.2*. Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi bagi Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor dalam penyusunan kebijakan dan perencanaan program penurunan tingkat NRW.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kondisi eksisting DMA Sindang Rasa yang berada pada Zona 1 Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan survei terhadap kondisi DMA Sindang Rasa di lapangan dan melakukan pengukuran debit aliran masuk ke DMA Sindang Rasa. Data sekunder diperoleh dari data-data eksisting yang dimiliki Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor, baik dari dokumen laporan, *company profile*, Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM), dan data terkait lainnya. Data primer debit dan tekanan aliran air yang masuk melalui inlet DMA Sindang Rasa diperoleh melalui hasil pembacaan *logger* terhadap meter induk dan manometer yang terpasang. Pembacaan *logger* dilakukan terhadap data bulan Maret-Juni 2021, di mana pada saat itu aliran dalam kondisi stabil dan kontinu. Data aliran selama 24 jam diambil dengan memilih bulan terbaru yaitu bulan Juni 2021 dan dipilih hari maksimum di mana pemakaian air paling banyak terjadi.

Titik interkoneksi pada DMA Sindang Rasa tidak memiliki alat pengukuran debit dan tekanan yang terpasang secara permanen, sehingga untuk mengetahui data debit dan tekanan aliran yang masuk melalui interkoneksi DMA diperlukan pengukuran secara langsung di lapangan. Debit aliran pada interkoneksi diukur menggunakan *ultrasonic flow meter* selama 24 jam untuk memperoleh pola debit aliran yang masuk melalui interkoneksi DMA selama 24 jam. Hasil pengukuran debit kemudian diekspor ke dalam format *Excel* menggunakan komputer. Tekanan aliran pada interkoneksi diukur menggunakan manometer yang dihubungkan dengan *data logger*. Pengukuran tekanan dilakukan selama 24 jam untuk mengetahui pola tekanan aliran yang masuk melalui interkoneksi DMA.

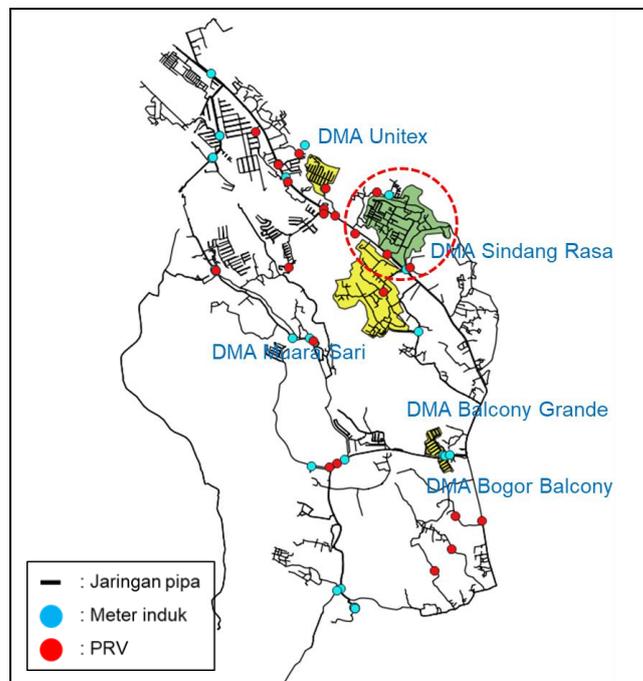
Analisis yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 (dua) tahap. Tahap pertama merupakan analisis terhadap kondisi DMA terbangun berdasarkan kriteria DMA. Sedangkan tahap kedua merupakan analisis hidraulis jaringan distribusi eksisting pada DMA terbangun. Analisis DMA terbangun dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting DMA Sindang Rasa terhadap kriteria DMA yang ada pada literatur. Dengan demikian dapat diketahui kondisi mana yang sudah sesuai dan belum sesuai dengan kondisi ideal suatu DMA. 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.

Analisis hidraulis dilakukan melalui pemodelan jaringan distribusi eksisting pada DMA dengan *software EPANET 2.2*. Pemodelan ini menggunakan 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, disusun rekomendasi perbaikan terhadap kondisi eksisting DMA Sindang Rasa.

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis DMA Terbangun

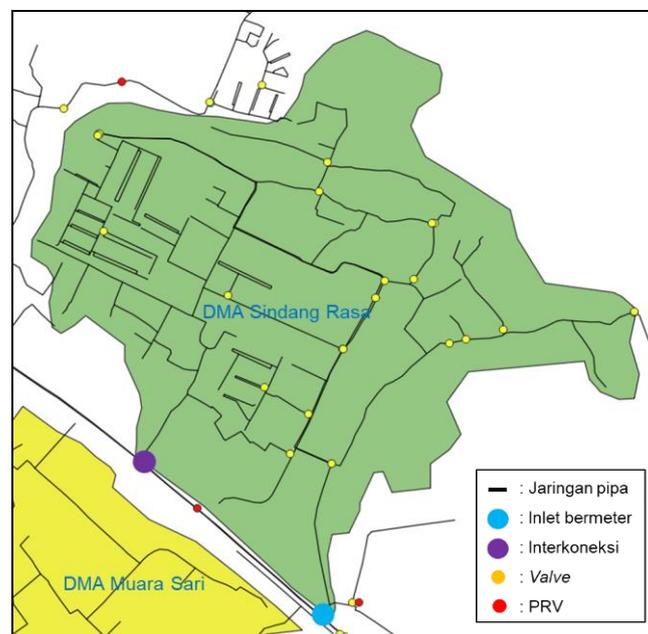


Gambar 1
Peta Posisi DMA Sindang Rasa pada Zona

Analisis DMA terbangun dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting DMA Sindang Rasa terhadap kriteria DMA yang ada pada literatur. Kriteria DMA yang dibandingkan antara lain 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. Zona 1 pada wilayah pelayanan Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor memiliki 5 (lima) DMA terbangun, yaitu DMA Unitex, Sindang Rasa, Muara Sari, Balcony Grande, dan Bogor Balcony. DMA Unitex, Sindang Rasa, dan Muara Sari berada pada bagian utara Zona 1, sedangkan DMA

Balcony Grande dan Bogor Balcony berada pada bagian selatan Zona 1. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, DMA Sindang Rasa dan Muara Sari memiliki ukuran yang lebih besar dibanding DMA yang lain. Kedua DMA ini juga berada pada Jalur Distribusi Utama (JDU) yang sama. DMA Unitex adalah DMA yang telah berjalan dengan baik dan merupakan *best practice* DMA yang dimiliki oleh Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor, sedangkan DMA yang lain belum berjalan dengan baik akibat masih adanya beberapa permasalahan yang dimiliki.

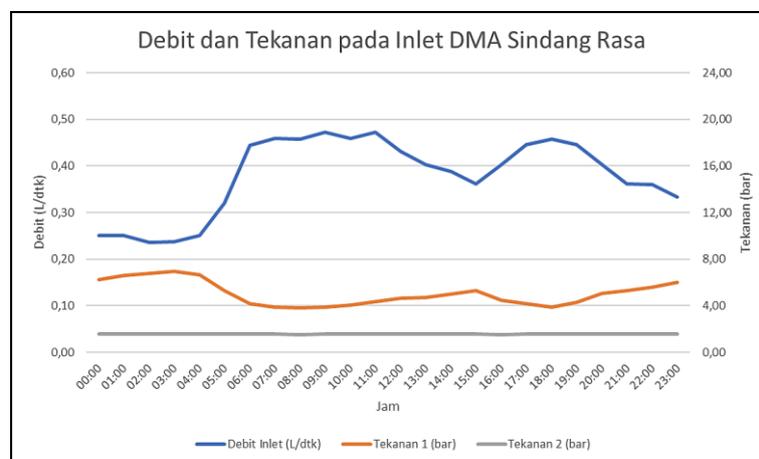
DMA Sindang Rasa berada pada wilayah distribusi pelayanan Ciawi pada Zona 1. DMA ini merupakan wilayah permukiman dengan jumlah pelanggan sebanyak 1.369 SL, atau sebanyak 9,37% dari jumlah pelanggan Zona 1. Pelanggan pada DMA Sindang Rasa dilayani melalui sistem distribusi secara gravitasi yang beroperasi selama 24 jam, sehingga telah memenuhi prinsip kontinuitas. Gambar 2 menunjukkan aliran air pada sistem distribusi, masuk ke dalam DMA melalui 2 (dua) titik. Titik pertama merupakan inlet DMA yang telah dilengkapi dengan meter induk DMA jenis elektromagnetik, manometer jenis mekanik, PRV, dan *data logger*. Sedangkan titik yang lain hanya berupa interkoneksi tanpa adanya alat ukur debit dan tekanan aliran masuk ke DMA, serta instrumen lainnya. Hal tersebut menyebabkan DMA Sindang Rasa belum terisolasi dengan sempurna dan jumlah debit aliran sesungguhnya yang masuk ke dalam DMA menjadi tidak dapat terukur. Debit aliran yang tidak terukur dengan baik menyebabkan perhitungan kehilangan air pada DMA Sindang Rasa selama ini menjadi tidak valid dan menghasilkan nilai minus.



Gambar 2
Peta DMA Sindang Rasa

Aliran air yang masuk melalui inlet DMA Sindang Rasa selama 24 jam berdasarkan data hasil pembacaan *logger* memiliki debit rata-rata sebesar 0,38 L/det

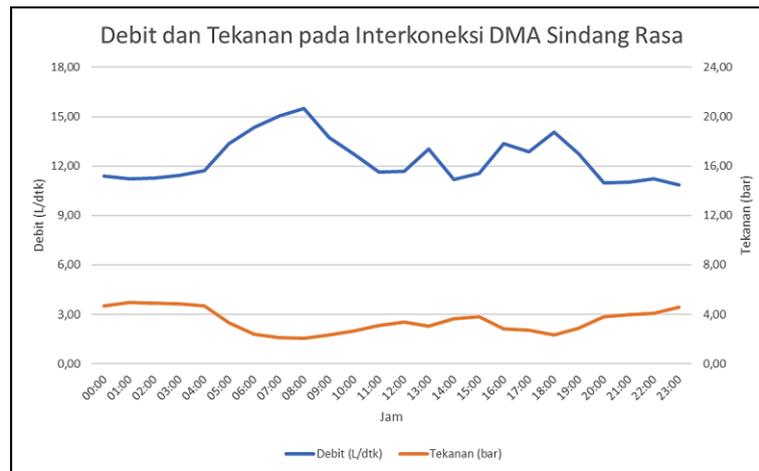
dengan tekanan *upstream* rata-rata sebesar 5,05 bar dan tekanan *downstream* rata-rata sebesar 1,58 bar. Grafik perbandingan antara debit dan tekanan sebagaimana terlihat pada Gambar 3, menunjukkan bahwa tekanan *upstream* (tekanan 1) pada inlet DMA Sindang Rasa berfluktuasi seiring dengan fluktuasi debit aliran yang masuk melalui inlet DMA. Semakin tinggi debit aliran yang masuk maka tekanan pada *upstream* akan semakin turun, begitu juga sebaliknya. Tekanan *downstream* (tekanan 2) pada inlet DMA Sindang Rasa stabil pada 1,58 bar karena dipasang PRV yang berfungsi untuk menurunkan dan menjaga tekanan yang masuk ke dalam inlet DMA. Pola pemakaian air pelanggan DMA Sindang Rasa juga dapat dilihat pada Gambar 3. Pemakaian air terendah berada pada sekitar jam 00.00 - 03.00, sedangkan pemakaian air tertinggi terlihat berada pada sekitar jam 09.00 - 11.00.



Gambar 3

Grafik Debit dan Tekanan pada Inlet DMA Sindang Rasa

Aliran air yang masuk melalui interkoneksi DMA Sindang Rasa berdasarkan hasil pengukuran di lapangan memiliki debit rata-rata sebesar 12,41 L/det dengan tekanan rata-rata sebesar 3,46 bar. Grafik perbandingan antara debit dan tekanan terlihat pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa tekanan aliran pada interkoneksi DMA Sindang Rasa berfluktuasi seiring dengan fluktuasi debit aliran yang masuk melalui inlet DMA. Semakin tinggi debit aliran yang masuk maka tekanan akan semakin turun, begitu juga sebaliknya. Tekanan aliran yang masuk ke dalam jaringan distribusi DMA Sindang Rasa melalui titik interkoneksi ini berfluktuasi karena pada titik ini tidak terdapat PRV yang berfungsi untuk mengatur tekanan yang masuk. Sama halnya dengan aliran air pada inlet DMA Sindang Rasa, Gambar 4 menunjukkan fluktuasi pemakaian air pelanggan DMA Sindang Rasa di mana pemakaian air terendah berada pada sekitar jam 00.00 - 03.00 dan pemakaian air tertinggi berada pada sekitar jam 09.00 - 11.00.



Gambar 4
Grafik Debit dan Tekanan pada Interkoneksi DMA Sindang Rasa

Berdasarkan data debit aliran pada inlet dan interkoneksi DMA Sindang Rasa tersebut, diketahui aliran yang masuk ke DMA Sindang Rasa memiliki debit total sebesar 12,79 L/det, atau sebesar 33.158,73 m³/bulan. Pemakaian air pelanggan DMA Sindang Rasa diperoleh dari data DRD Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor bulan Januari-Juni 2021. Data bulan Juni 2021 kemudian dipilih karena pada pada bulan tersebut kondisi aliran stabil. Data tersebut menunjukkan bahwa DMA Sindang Rasa memiliki volume pemakaian air pelanggan sebesar 25.044 m³/bulan. Dengan membandingkan volume total air yang masuk ke DMA dan volume pemakaian air pelanggan, maka dapat diketahui bahwa tingkat kehilangan air pada DMA Sindang Rasa adalah sebesar 8.114,73 m³/bulan atau sebesar 24,47%.

Tingkat kehilangan air ini sebenarnya sudah cukup rendah, namun tidak menutup kemungkinan untuk diturunkan kembali. Kehilangan air yang terjadi di Zona 1 disebabkan oleh kebocoran akibat tekanan tinggi pada jaringan pipa. Tekanan yang berlebih pada jaringan pipa menimbulkan tingginya risiko terjadi kebocoran akibat pipa pecah (Syahputra, 2005). Pengendalian tekanan diperlukan supaya tekanan pada jaringan distribusi menjadi lebih rendah (Bosco dkk., 2020; Kanakoudis & Gonelas, 2014), namun air tetap dapat tersuplai sampai pelanggan di titik kritis dengan tekanan yang cukup. Kebocoran merupakan fungsi dari tekanan (AL-Washali dkk., 2016), sehingga dengan menurunkan tekanan pada jaringan, maka volume air yang hilang juga akan semakin sedikit (Karadirek dkk., 2012).

Variasi elevasi permukaan tanah pada DMA Sindang Rasa diperoleh dengan menyandingkan data peta jaringan GIS yang dimiliki oleh Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor dengan data elevasi yang diperoleh dari DEM Nasional (DEMNAS) untuk Kota Bogor. Kota Bogor memiliki koordinat *Universal Transverse Mercator* (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*. Berdasarkan data tersebut diperoleh informasi bahwa DMA Sindang Rasa

memiliki elevasi terendah pada 359,63 meter di atas permukaan laut (mdpl) dan elevasi tertinggi pada 388,69 mdpl.

Tabel 1 Perbandingan Kondisi Eksisting DMA Sindang Rasa dengan Kondisi Ideal Sesuai Kriteria DMA pada Literatur

No.	Kriteria DMA	Kondisi Ideal (Literatur)	Kondisi Eksisting DMA Sindang Rasa
1	Bentuk DMA (jumlah SL)	1.000 – 2.500 SL (Farley dkk., 2008); 500 – 1.000 SL (BSN, 2011); 500 – 3.000 SL (Hajebi dkk., 2014); 500 – 5.000 (Morrison dkk., 2007).	1.369 SL.
2	Jumlah katup yang harus ditutup (interkoneksi)	Sebaiknya hanya ada 1 interkoneksi sebagai inlet DMA (Handini, 2020).	Terdapat 2 interkoneksi DMA, di mana hanya 1 yang berfungsi sebagai inlet.
3	Peralatan pengukuran debit dan tekanan	Terdapat alat pengukuran debit dan tekanan, sehingga aliran yang masuk DMA dapat dipantau secara menerus (Ditjen Cipta Karya, 2018).	Pada interkoneksi yang memang difungsikan sebagai inlet, terdapat alat pengukuran debit dan tekanan yang terintegrasi dengan <i>data logger</i> . Sedangkan pada interkoneksi satunya tidak terdapat peralatan pengukuran debit dan tekanan.
4	Variasi permukaan tanah	Sebaiknya < 40 m (Kementerian PUPR, 2016).	Elevasi tertinggi: 388,69 mdpl; Elevasi terendah: 359,63 mdpl; Variasi: 29,06 m.
5	Tinggi hidraulis pada pipa	Minimal 5 – 10 m di <i>critical point</i> (Kementerian PUPR, 2016); Maksimal 25 m di <i>downstream</i> inlet DMA (Handini, 2020).	30 – 40 m di <i>critical point</i> dan 15,8 m di <i>downstream</i> inlet DMA.
6	Batas-batas DMA	Bisa menggunakan ciri-ciri topografis seperti jalan raya, sungai, dll (Farley dkk., 2008).	DMA dibatasi oleh jalan raya, jalan lingkungan, dan sungai.

Data dasar kondisi eksisting DMA Sindang Rasa yang telah diperoleh kemudian dibandingkan terhadap kriteria DMA yang ada pada literatur. Perbandingan antara kondisi eksisting DMA Sindang Rasa dengan kondisi ideal sesuai kriteria DMA dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil perbandingan memberikan informasi kondisi mana yang

sudah sesuai dan belum sesuai dengan kondisi ideal suatu DMA. Kondisi yang belum sesuai kemudian dijadikan sebagai dasar rekomendasi optimasi DMA. Penelitian ini fokus mengkaji kondisi eksisting DMA Sindang Rasa, sehingga rekomendasi yang diberikan hanya sebatas saran atau masukan untuk perbaikan kinerja DMA. Diperlukan analisis lebih lanjut untuk mendapatkan rekomendasi optimasi DMA yang lebih terperinci.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada kriteria bentuk DMA terkait jumlah pelanggan yang dimiliki, DMA Sindang Rasa telah sesuai dengan kondisi ideal yang ada pada literatur, yaitu dengan jumlah pelanggan sebanyak 1.369 SL. Adapun jumlah pelanggan minimum dalam suatu DMA menurut beberapa literatur yang diperoleh adalah sebanyak 500 SL. Suatu DMA sebaiknya hanya memiliki 1 (satu) inlet DMA sehingga terisolasi dengan baik. Jika memang diharuskan memiliki lebih dari satu inlet maka jumlahnya harus sesedikit mungkin. Seluruh inlet tersebut juga harus memiliki alat pengukuran debit dan tekanan aliran yang masuk ke DMA. Dilihat dari Tabel 1, DMA Sindang Rasa memiliki 2 (dua) titik aliran masuk ke dalam DMA. Salah satu dari kedua titik tersebut memang difungsikan sebagai inlet dan memiliki peralatan pengukuran, sedangkan yang lainnya berupa titik interkoneksi yang tidak dilengkapi dengan peralatan pengukuran.

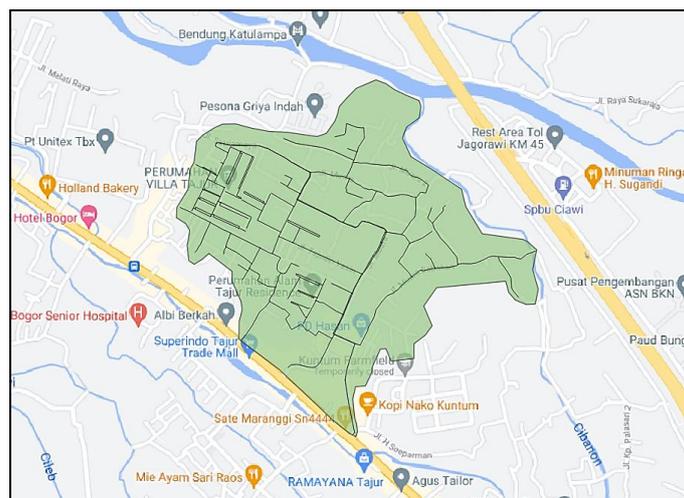


Gambar 5
Instrumen yang Terpasang pada Inlet DMA Sindang Rasa

Gambar 5 menunjukkan instrumen yang terpasang pada inlet DMA Sindang Rasa. Inlet DMA Sindang Rasa dilengkapi peralatan pengukuran berupa meter induk dengan jenis elektromagnetik dan manometer dengan jenis mekanik. Kedua alat ukur ini telah terintegrasi dengan *data logger* sehingga pembacaan hasil pengukuran dapat dilakukan dan dipantau melalui komputer secara jarak jauh. Pada inlet DMA ini juga telah terpasang PRV yang berfungsi untuk mengendalikan tekanan yang masuk ke dalam DMA (Ditjen Cipta Karya, 2018). Titik interkoneksi yang lain juga merupakan titik aliran masuk ke dalam DMA, namun tidak dilengkapi dengan alat ukur debit dan tekanan aliran masuk ke DMA, sehingga pembacaan kedua parameter tersebut tidak dapat dilakukan secara menerus. Hal ini tentunya bertentangan dengan konsep dasar DMA, di mana jaringan harus terisolasi secara sempurna dan pengukuran dilakukan secara menerus sehingga DMA dapat terpantau dengan baik (Charalambous dkk.,

2014). Selain itu, dengan adanya 2 (dua) titik aliran masuk ke dalam DMA maka berpotensi terjadi tekanan yang tidak seimbang pada jaringan distribusi di dalam DMA. Tekanan yang tidak seimbang dapat menyebabkan adanya aliran balik yang mengarah ke luar DMA pada salah satu titik aliran masuk.

Variasi permukaan tanah pada DMA sebaiknya kurang dari 40 m, sehingga tekanan di dalam jaringan menjadi lebih stabil dan mudah untuk dikendalikan (Kementerian PUPR, 2016). Tabel 1 menunjukkan bahwa DMA Sindang Rasa memiliki kontur permukaan tanah dengan elevasi tertinggi 388,69 mdpl yang berada di wilayah terdekat dengan inlet DMA, dan elevasi terendah 359,63 mdpl yang berada di wilayah terjauh dengan inlet DMA. Dengan demikian DMA Sindang Rasa memiliki variasi elevasi permukaan tanah sebesar 29,06 m. Tinggi hidraulis pada pipa minimal sebaiknya antara 5 – 10 m di *critical point* (Kementerian PUPR, 2016) dan maksimal 25 m di *downstream* inlet DMA (Handini, 2020), sedangkan Tabel 1 menunjukkan bahwa tinggi hidraulis pipa pada DMA Sindang Rasa juga berkisar antara 30 – 40 m di *critical point* dan 15,8 m di *downstream* inlet DMA. Dengan demikian kondisi variasi permukaan tanah dan tinggi hidraulis pipa pada DMA Sindang Rasa telah sesuai dengan kriteria DMA yang ada pada literatur.



Gambar 6

Peta Jalan yang Menunjukkan Batas-batas DMA Sindang Rasa

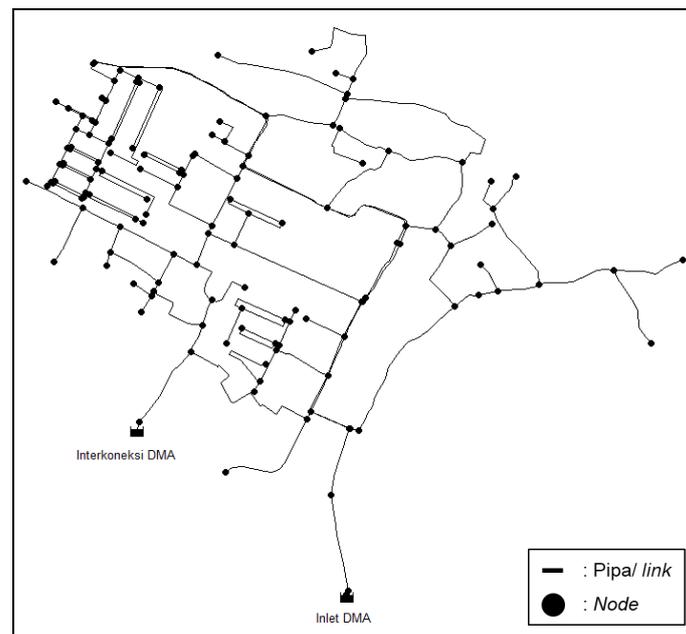
(Farley dkk, 2008) menjelaskan bahwa suatu DMA dapat dibatasi oleh ciri-ciri topografis seperti jalan raya, sungai, dan lain sebagainya. Tabel 1 memberikan informasi bahwa DMA Sindang Rasa memiliki batas-batas berupa jalan raya, jalan lingkungan, dan sungai. Hal ini diperkuat dengan Gambar 5.8 yang menunjukkan DMA Sindang Rasa berada pada wilayah permukiman di tengah kota yang dibatasi oleh batas-batas tersebut. Gambar 6 menunjukkan DMA Sindang Rasa dibatasi oleh jalan raya pada bagian selatan, dibatasi oleh jalan permukiman pada bagian timur dan barat, serta dibatasi oleh sungai pada bagian utara. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan

bahwa DMA Sindang Rasa telah memiliki batas-batas DMA yang jelas dan telah sesuai dengan kriteria yang ada pada literatur.

Hasil analisis terhadap kondisi eksisting menunjukkan bahwa DMA Sindang Rasa sebagian besar telah memenuhi kondisi ideal sesuai kriteria DMA pada literatur. Kriteria yang belum terpenuhi yaitu masih adanya titik interkoneksi lain dan ketidakterediaan alat pengukuran pada titik tersebut yang menyebabkan DMA Sindang Rasa belum terisolasi dengan sempurna. Peningkatan kinerja DMA Sindang Rasa dapat dilakukan melalui pemasangan alat pengukuran pada titik interkoneksi, atau penutupan salah satu titik aliran masuk ke DMA. Selain itu, diperlukan analisis lanjutan berupa pemodelan jaringan distribusi pada DMA menggunakan *software* komputer untuk mengetahui kondisi hidraulis jaringan distribusi eksisting ditinjau dari kriteria desain sistem distribusi.

2. Analisis Jaringan Distribusi Eksisting

Model jaringan distribusi eksisting DMA Sindang Rasa dalam *software* EPANET 2.2 dapat dilihat pada Gambar 7. Perbandingan antara hasil *running analysis* dengan kriteria desain sistem distribusi sesuai Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 dan SNI 7509-2011, memberikan informasi apakah kondisi eksisting jaringan distribusi telah sesuai atau belum sesuai dengan kriteria desain.

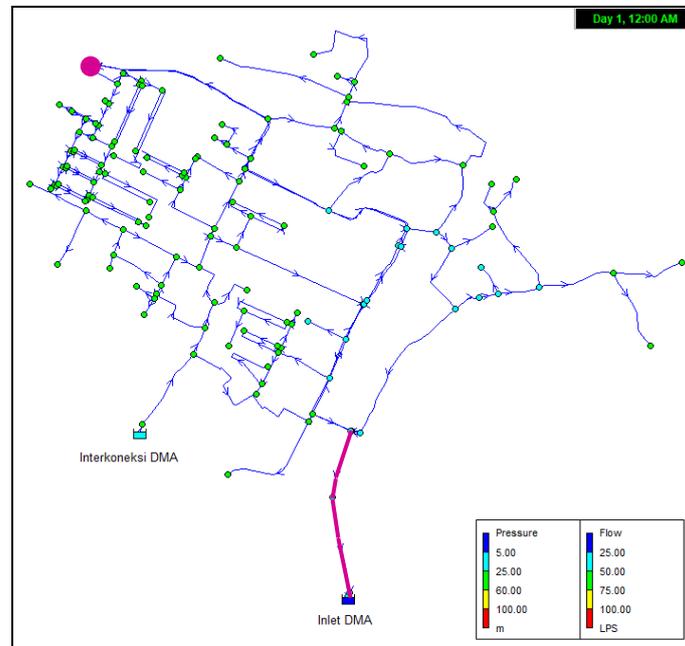


Gambar 7

Model Jaringan Distribusi Eksisting DMA Sindang Rasa pada EPANET 2.2

Gambar 8 menunjukkan hasil *running analysis* pada jam 00.00, di mana *link* mewakili debit aliran dan *node* mewakili tekanan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa jaringan distribusi eksisting DMA Sindang Rasa berada pada kondisi yang tidak seimbang. Hal ini terlihat dari adanya aliran balik pada pipa *downstream* inlet DMA, yaitu *Link* L10, L11, dan L12 sebagaimana terlihat pada Gambar 8 yang ditandai dengan garis warna ungu. Aliran balik ini terjadi pada malam hari, terutama pada jam

23.00 - 03.00. Aliran balik pada pipa *downstream* inlet terjadi karena tekanan aliran yang masuk melalui titik inlet dan interkoneksi DMA tidak seimbang. Tekanan aliran yang masuk melalui interkoneksi DMA terlalu tinggi, yaitu rata-rata sebesar 3,46 bar atau 35,30 m. Tinggi tekanan ini juga melebihi kriteria tekanan maksimum pada *downstream* inlet DMA, yaitu tekanan maksimum sebesar 25 m (Handini, 2020).

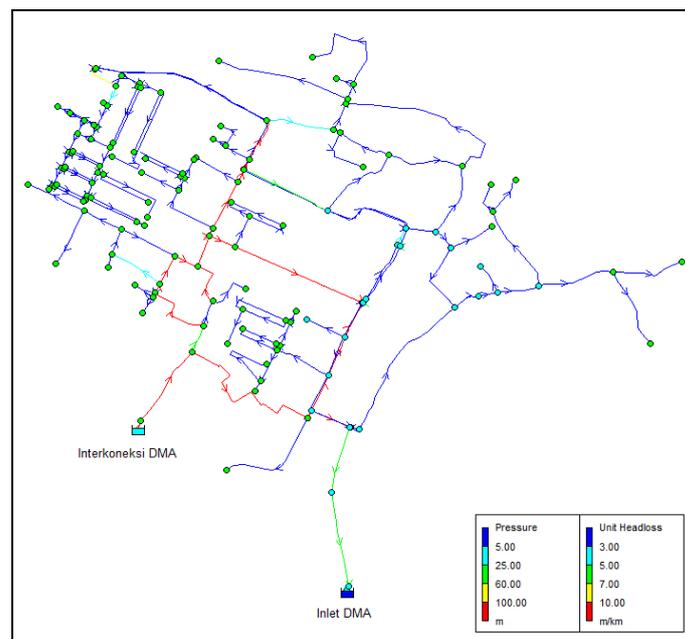


Gambar 8
Hasil *Running Analysis* Model Jaringan Distribusi Eksisting

Pemodelan jaringan distribusi eksisting DMA Sindang Rasa menunjukkan sisa tekan pada jaringan distribusi eksisting berada pada rentang nilai 15,65 – 50,71 m untuk kondisi pemakaian air minimum, dan rentang nilai 13,09 – 38,84 m untuk kondisi pemakaian air maksimum. Jika dibandingkan dengan kriteria desain pada Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016, yaitu tekanan minimum sebesar 5 – 10 m serta tekanan maksimum sebesar 60 – 80 m untuk pipa PVC dan 12,4 MPa (1.264,77 m) untuk pipa HDPE, maka seluruh *node* pada model jaringan distribusi eksisting telah memenuhi kriteria desain. Kondisi sisa tekan yang cukup tinggi pada jaringan distribusi terjadi akibat tekanan aliran air yang masuk melalui inlet dan interkoneksi cukup tinggi. Selain itu juga akibat variasi permukaan tanah pada DMA Sindang Rasa sebesar 29,06 m, di mana semakin jauh dari inlet dan interkoneksi elevasi semakin menurun, sehingga memberikan tambahan tekanan statis. Untuk menurunkan tekanan pada jaringan, dapat dilakukan dengan menggunakan PRV (Bosco dkk., 2020; Krisnayanti dkk., 2013).

Hasil *running analysis* juga menunjukkan sisa tekan pada titik pelanggan terjauh (*critical point*) adalah sekitar 30 m. Pada pemodelan, titik pelanggan tersebut adalah *Junction* J89 sebagaimana terlihat pada Gambar 8 yang ditandai dengan lingkaran warna ungu. Sedangkan pengukuran tekanan di lapangan pada titik ini menghasilkan sisa tekan sekitar 40 m. Terdapat perbedaan nilai sisa tekan antara hasil pemodelan

jaringan distribusi eksisting dengan hasil pengukuran secara langsung di lapangan, di mana hasil pengukuran di lapangan memiliki nilai yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh pemodelan jaringan distribusi yang menggunakan rata-rata pemakaian pelanggan secara keseluruhan yang dikali dengan jumlah pelanggan pada suatu *node* sebagai *base demand*. Sedangkan pada kondisi nyata di lapangan bisa jadi terdapat pelanggan di sekitar *Junction* J89 yang tidak menggunakan air sama sekali, sehingga *base demand* di lapangan lebih kecil. Semakin kecil debit maka kehilangan tekanan (*headloss*) juga semakin kecil, sehingga tekanan pada *node* menjadi semakin tinggi (BSN, 2011).



Gambar 9

Pipa yang Mengalami *Headloss* di Atas Kriteria Desain pada Model Jaringan Distribusi Eksisting DMA Sindang Rasa

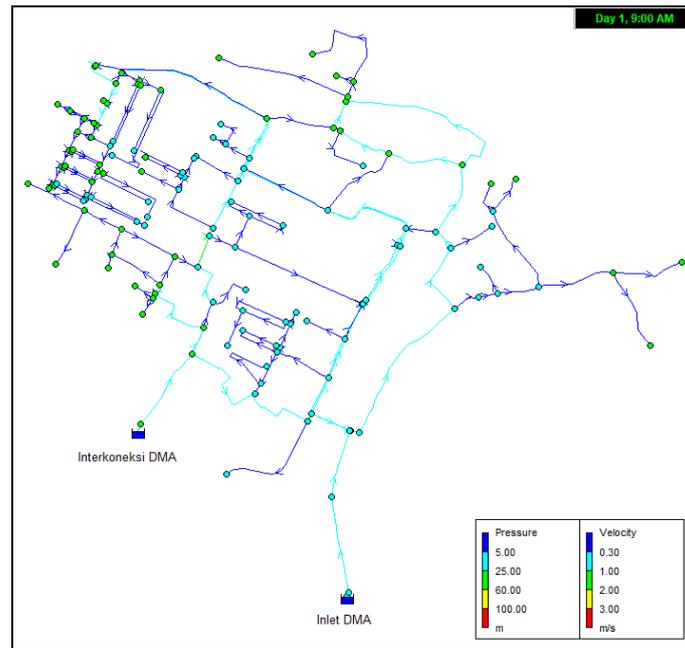
Gambar 9 menunjukkan hasil *running analysis* di mana *link* mewakili *headloss* dan *node* mewakili tekanan. Hasil pemodelan jaringan distribusi eksisting menunjukkan bahwa selama pengaliran 24 jam terdapat pipa yang mengalami kehilangan tekanan (*headloss*) di atas kriteria desain, yaitu lebih dari 10 m/km. Pipa-pipa yang mengalami *headloss* di atas kriteria desain tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 yang ditandai dengan garis warna merah. Sedangkan rincian data pipa yang mengalami *headloss* di atas kriteria desain tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Tingginya *headloss* disebabkan oleh tingginya kecepatan aliran yang melalui pipa. Kecepatan aliran pada pipa dipengaruhi oleh luas penampang pipa atau diameter pipa. Semakin kecil diameter pipa yang digunakan maka kecepatan aliran pada pipa akan semakin tinggi, dan *headloss* yang terjadi juga akan semakin tinggi akibat gesekan yang terjadi. Oleh karena itu, untuk menurunkan *headloss* yang terjadi dapat dilakukan dengan memperbesar luas

penampang pipa. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperbesar diameter pipa atau dengan menambahkan pipa paralel.

Tabel 2 Rincian Pipa yang Mengalami *Headloss* di Atas Kriteria Desain pada Model Jaringan Distribusi Eksisting DMA Sindang Rasa

Pipa/Link	Panjang (m)	Jenis	Diameter (mm)
L64	132,71	PVC	100
L67	260,34	PVC	75
L61	208,93	PVC	50
L62	43,41	PVC	50
L76	106,15	PVC	50
L75	75,82	PVC	50
L85	37,97	PVC	50
L83	49,67	PVC	50
L82	14,17	PVC	50
L97	50,76	PVC	50
L96	12,89	PVC	50
L95	79,43	PVC	50
L94	21,71	PVC	50
L92	68,75	PVC	50
L35	13,01	PVC	50
L34	63,70	PVC	50
L37	60,33	PVC	50
L38	63,82	PVC	50
L40	59,17	PVC	50
L104	31,97	HDPE	50
L143	46,71	HDPE	50

Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016 menjelaskan bahwa kecepatan aliran minimum pada pipa adalah sebesar 0,3 m/det. Hasil pemodelan jaringan distribusi eksisting sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10, memberikan informasi bahwa terdapat banyak pipa yang memiliki kecepatan aliran di bawah 0,3 m/det. Pipa-pipa ini sebagian besar merupakan pipa pelayanan yang memiliki diameter 50 mm. Pipa-pipa ini ditunjukkan dengan garis warna biru tua pada Gambar 10. 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.



Gambar 10

Kecepatan Aliran pada Model Jaringan Distribusi Eksisting DMA Sindang Rasa

Teori hidraulika menjelaskan bahwa kecepatan aliran pada pipa sebanding dengan debit aliran akibat pemakaian pelanggan. Semakin tinggi pemakaian air oleh pelanggan, maka kecepatan aliran pada pipa juga akan semakin tinggi dan sebaliknya. Oleh karena itu, salah satu cara untuk meningkatkan kecepatan aliran pada pipa adalah dengan meningkatkan *base demand* melalui penambahan pelanggan. Meskipun memiliki kecepatan aliran yang kecil, air masih mampu menjangkau seluruh pelanggan DMA Sindang Rasa. Dampak yang mungkin terjadi akibat kecepatan aliran yang kecil adalah terjadinya endapan sedimen di dalam jaringan pipa distribusi. Sehingga diperlukan *flushing* jaringan distribusi secara berkala untuk menggelontor endapan sedimen yang terjadi.

Berdasarkan hasil analisis melalui pemodelan jaringan distribusi eksisting pada *software EPANET 2.2*, dapat disimpulkan bahwa jaringan distribusi eksisting DMA Sindang Rasa telah memenuhi aspek teknis kriteria desain tekanan sesuai Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016. Akan tetapi, belum memenuhi kriteria desain kehilangan tekanan (*headloss*) sesuai SNI 7509:2011 dan kriteria kecepatan aliran sesuai Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016. Penurunan *headloss* yang terjadi dapat dilakukan dengan memperbesar luas penampang pipa, baik dengan memperbesar diameter pipa maupun dengan menambah pipa paralel. Perluasan penampang pipa dilakukan selain untuk menurunkan nilai *headloss*, juga berkaitan dengan upaya pengendalian kehilangan air. Melalui penambahan diameter pipa, maka dengan debit yang sama, kecepatan aliran menjadi turun. Turunnya kecepatan akan berdampak pada menurunnya tekanan aliran pada jaringan pipa distribusi. Dengan demikian tekanan menjadi lebih rendah dan stabil saat pemakaian air minimum sehingga kehilangan air yang terjadi menjadi lebih rendah (Karadirek dkk., 2012). Diameter pipa yang lebih besar juga dapat

digunakan untuk mengakomodasi peningkatan debit akibat penambahan pelanggan yang akan datang.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. DMA Sindang Rasa sebagian besar telah memenuhi kondisi ideal suatu DMA sesuai kriteria DMA yang ada dalam literatur. Kriteria yang belum terpenuhi yaitu masih adanya titik interkoneksi lain dan ketidaktersediaan alat pengukuran yang menyebabkan DMA Sindang Rasa belum terisolasi dengan sempurna;
2. Jaringan distribusi eksisting DMA Sindang Rasa telah memenuhi aspek teknis kriteria desain tekanan sesuai Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016. Akan tetapi, belum memenuhi kriteria desain kehilangan tekanan (*headloss*) sesuai SNI 7509:2011 dan kriteria kecepatan aliran sesuai Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2016;
3. Peningkatan kinerja DMA Sindang Rasa dapat diperoleh dengan optimasi DMA. Optimasi dapat dilakukan melalui pemasangan alat pengukuran pada titik interkoneksi, atau penutupan salah satu titik aliran masuk ke DMA. Diperlukan juga penyesuaian terhadap pipa jaringan distribusi eksisting supaya dapat memenuhi seluruh kriteria desain sistem distribusi.

BIBLIOGRAFI

- AL-Washali, T., Sharma, S., & Kennedy, M. (2016). Methods of Assessment of Water Losses in Water Supply Systems: a Review. *Water Resources Management*, 30(14), 4985–5001. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1503-7> [Google Scholar](#)
- Babel, M. S., Islam, M. S., & Das Gupta, A. (2009). Leakage management in a low-pressure water distribution network of Bangkok. *Water Science and Technology: Water Supply*, 9(2), 141–147. <https://doi.org/10.2166/ws.2009.088> [Google Scholar](#)
- Bosco, C., Campisano, A., Modica, C., & Pezzinga, G. (2020). Application of rehabilitation and active pressure control strategies for leakage reduction in a case-study network. *Water (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/w12082215> [Google Scholar](#)
- BSN. Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum. , Pub. L. No. SNI 7509:2011, Standar Nasional Indonesia (2011). [Google Scholar](#)
- Charalambous, B., Foufeas, D., & Petroulias, N. (2014). Leak Detection and water loss. *Water Utlity Journal*, 8, 25–30. Diambil dari http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/OT/TB/TB_LeakDetection.pdf [Google Scholar](#)
- Direktorat Air Minum. (2020). Buku Kinerja BUMD SPAM 2020 Wilayah II. Jakarta Selatan: Kementerian PUPR. [Google Scholar](#)
- Ditjen Cipta Karya. (2018). Modul Air Tak Berekening. Jakarta Selatan: Kementerian PUPR. [Google Scholar](#)
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B. M., Istandar, A., & 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. [Google Scholar](#)
- Hajebi, S., Temate, S., Barrett, S., Clarke, A., & Clarke, S. (2014). Water distribution network sectorisation using structural graph partitioning and multi-objective optimization. *Procedia Engineering*, 89, 1144–1151. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.238> [Google Scholar](#)
- Handini, F. (2020). Perencanaan Pembentukan DMA. Malang: Perumda Air Minum Tirta Tugu Kota Malang. [Google Scholar](#)
- Kanakoudis, V., & Gonelas, K. (2014). Applying pressure management to reduce water losses in two greek cities' WDSs: Expectations, problems, results and revisions. *Procedia Engineering*, 89, 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.194> [Google Scholar](#)

- Karadirek, I. E., Kara, S., Yilmaz, G., Muhammetoglu, A., & Muhammetoglu, H. (2012). Implementation of Hydraulic Modelling for Water-Loss Reduction Through Pressure Management. *Water Resources Management*, 26(9), 2555–2568. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0032-2> [Google Scholar](#)
- Kementerian PUPR. Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. , Pub. L. No. 27/PRT/M/2016, Permen PUPR (2016). Indonesia. [Google Scholar](#)
- Krisnayanti, D., Udiana, I., & Benu, H. (2013). Studi Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 71–86. [Google Scholar](#)
- Lambert, A. O. (2002). International Report: Water losses management and techniques. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2(4), 1–20. Diambil dari <http://www.iwaponline.com/ws/00204/ws002040001.htm> [Google Scholar](#)
- Morrison, J., Tooms, S., & Rogers, D. (2007). District metered areas guidance notes. International Water Association. 2007. [Google Scholar](#)
- Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor. (2020). Company Profile Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor. Bogor: Perumda Tirta Pakuan Kota Bogor. [Google Scholar](#)
- Pratama Putra, J., & Nopriansyah. (2014). Studi Kehilangan Air pada Jaringan Distribusi PDAM di Jalan Soekarno-Hatta Palembang dengan Metode DMA (District Meter Area). Politeknik Negeri Sriwijaya. [Google Scholar](#)
- Puust, R., Kapelan, Z., Savic, D. A., & Koppel, T. (2010). A review of methods for leakage management in pipe networks. *Urban Water Journal*, 7(1), 25–45. <https://doi.org/10.1080/15730621003610878> [Google Scholar](#)
- Syahputra, B. (2005). Pengaruh Penambahan Debit Kebutuhan Pada Zona Pelayanan Air Bersih di PDAM Tirta Meulaboh. *Jurnal Pondasi*, 11(1), 1–18. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Nama Author (Tahun Terbit)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

